
BAC 2020
Chimie - Physique
www.tarbiadz.online
الجزء الأوّل
الشّعب:
علوم تجريبية
رياضيات – تقني رياضي
تأليف و كتابة و تصميم الأستاذ:
زدّون محمّد الأمين
(طالب جامعي تخصّص كيمياء)
/Mohammed el Amine Zeddoun
/Mohammed el Amine Zeddoun



أهدي هذا الجهد المتواضع إلى:

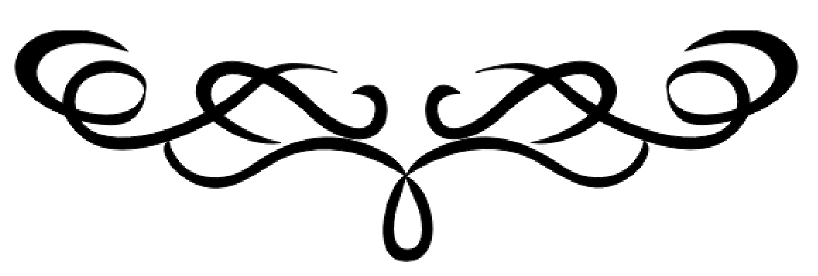
⭐والديّ الكريمين حفظهما الباري

⭐أصدقائي بالجامعة

⭐زملائي الأساتذة

⭐أعزّائي التّلاميذ، في كلّ أنحاء قُطرنا الوطني الحبيب

المؤلّف زدّون محمّد الأمين



هذا الكتاب ينقسم إلى (3) فروع أساسيّة:

1 المتابعة الزّمنية لتحوّل كيميائي في وسط مائي

2 التحوّلات النّووية

3 الظّواهر الكهربائية (ثُنائي القطب RC)



الوحدة (1): المتابعة الزّمنيّة لتحوّل كيميائي في وسط مائي

قائمة المفاتيح

- تفاعلات أكسدة-إرجاع
- حساب كميّة المادّة n
- عمليّة التّمديد (التّخفيف)
- قـياس الـنّاقـليّة
- جدول التقدّم (أسئلته)
- التحوّلات الكيميائيّة
- طرق المتابعة الزّمنيّة لتحوّل كيميائي
- مفهوم الاشتقاق في الفيزياء
- طريقة حساب مختلف السرعات
- حساب زمن نصف التّفاعل $t_{1/2}$
- العوامل الحركيّة

قائمة الأعمال المخبريّة

- المعايرة اللّونية
- قياس النّاقليّة σ
- قياس حجم غاز V_{gaz}
- قياس ضغط غاز مثالي P_{gaz}
- الدّرجة الكلورومترية $°Chl$
- التفكّك الذّاتي للماء الأكسجيني

مفاتيح الإجابة عن أسئلة الوحدة الأولى

" المتابعة الزّمنية لتحوّل كيميائي في وسط مائي "



المفتاح الأوّل:

"الأكسدة و الإرجاع"

المؤكسد (OX)	هو كلّ فرد كيميائي قادر على اكتساب إلكترون (é) أو أكثر.
المرجع (Red)	هو كلّ فرد كيميائي قادر على فقدان إلكترون (é) أو أكثر.
تفاعل الأكسدة	هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه فقدان إلكترون (é) أو أكثر.
تفاعل الإرجاع	هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه اكتساب إلكترون (é) أو أكثر.
تفاعل الأكسدة-إرجاع	هو التّفاعل الذي يحدث فيه انتقال الإلكترونات من المرجع إلى المؤكسد اللذين يشكلان الثّنائية (OX/Red).

$$Red \underset{\text{إرجاع}}{\overset{\text{أكسدة}}{\rightleftharpoons}} OX + n\,é$$

كيف أوازن لأتحصّل على المعادلة الإجمالية للتفاعل أكسدة-إرجاع؟

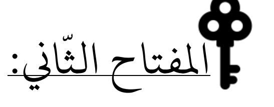
المرحلة 1	إذا كان هناك نقص في ذرّات الأكسجين (O) نضيف الماء (H_2O).
المرحلة 2	إذا كان هناك نقص في ذرّات الهيدروجين (H) نضيف (H^+) و أحيانا بـــ(H_3O^+) إذا طُلب منّا ذلك.
المرحلة 3	نوازن الشّحنة بإضافة إلكترونات (é) و التي تحمل شحنة سالبة (-).

هذه المراحل يلزمها التمرّن الجيّد للتعوّد على كتابة أيّ معادلة سواء المعادلات النصفيّة أو المعادلة الإجمالية للتفاعل انطلاقا من الثّنائيتين، و في مايلي بعض التّدريبات.

التّدريب (1)
يتفاعل حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$ مع برمنغنات البوتاسيوم ($K^+ + MnO_4^-$).   1- أكتب المعادلتين النّصفيتين ثمّ استنتج المعادلة الإجمالية للتفاعل. تُعطى الثّنائيات: (MnO_4^-/Mn^{2+})، ($CO_2/H_2C_2O_4$)   2- حدد الفردين الكيميائيين المتفاعلين (OX و Red)

التّدريب (2)
يتفاعل حمض كلور الماء ($H_3O^+ + Cl^-$) مع معدن الزّنك Zn.   1- أكتب المعادلتين النّصفيتين ثمّ استنتج المعادلة الإجمالية للتفاعل. تُعطى الثّنائيات: (Zn^{2+}/Zn)، (H_3O^+/H_2)

التّدريب (3)
ينمذج التّفاعل الكيميائي الحادث بين الماء الأوكسجيني H_2O_2 و يود البوتاسيوم ($K^+ + I^-$) بالمعادلة: $H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} = I_{2(aq)} + 4H_2O_{(l)}$ 1- أكتب المعادلتين النّصفيتين ثمّ استنتج الثّنائيتين الدّاخلتين في التّفاعل.



المفتاح الثّاني:

"حساب كميّة المادّة (عدد المولات) n"

n: كميّة المادّة (mol)

الطريقة 1	m: الكتلة (g) M: الكتلة المولية (g/mol)	$n = \frac{m}{M}$
الطريقة 2	C: التّركيزالمولي (mol/L) V: حجم المحلول (L)	$n = C.V$
الطّريقة 3	V_{gaz}: حجم الغاز (L) V_M: الحجم المولي (L/mol)	$n = \frac{V_{gaz}}{V_M}$
الطّريقة 4 قانون "الغاز المثالي"	P: ضغط الغاز (Pa) V: حجم الغاز (m^3) R: ثابت الغازات $8.31\ SI$ T: درجة الحرارة (K) $K = {}^{o}C + 273$	$P.V = n.R.T$ ↓ $n = \frac{P.V}{R.T}$

التّدريب (4)

البوتان غاز يستعمل كوقود في المنازل من أجل الطّبخ و التّدفئة كما يستعمل لتشغيل السّيارات صيغته الجزيئية C_4H_{10}

1- أوجد الكتلة المولية لغاز البوتان؟

2- أحسب كمية المادة الموجودة في 15 g من غاز البوتان؟

3- أحسب كمية المادة الموجودة في $2\ dm^3$ من غاز البوتان موجود في الشّروط النّظامية، ثم استنتج كتلته؟

4- نملأ قارورة بالحجم $V=0.5\ m^3$ من غاز البوتان، كمية مادّته 0.5 mol موجود في درجة حرارة 25^oC و علما أنّ ثابت الغازات المثاليّة R=8.31 SI.

*أحسب قيمة الضّغط المطبق من الغاز على جوانب القارورة؟

يُعطى:

M(H)= 1g/mol ، M(C)= 12 g/mol

التّدريب (5)

نوع كيميائي A صيغته الجزيئية من الشّكل $C_nH_{2n}O_2$

*استنتج قيمة العدد n و اكتب الصيغة الجزيئية للنوع الكيميائي A؟

إذا علمت أنّ: M(A)= 74 g/mol

التّدريب (6)

في حصّة الأعمال المخبرية طلب الأستاذ من التّلاميذ أن يقوموا بتحضير محلول من برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ تركيزه المولي C= 1.5 mol/L و حجمه V=150 mL و ذلك انطلاقا من مسحوق برمنغنات البوتاسيوم الصلبة.

1- أوجد الكتلة المولية الجزيئية لبرمنغنات البوتاسيوم؟

2- أوجد كتلة برمنغنات البوتاسيوم اللازمة لتحضير المحلول؟

يُعطى:

M(Mn)= 55 g/mol ، M(O)= 16 g/mol

M(K)= 39 g/mol

التّدريب (7)

نذيب كتلة m= 10 g من بلورات هيدروكسيد البوتاسيوم KOH الصّلبة في 100 mL من الماء المقطر.

فنتحصل على محلول تركيزه المولي C.

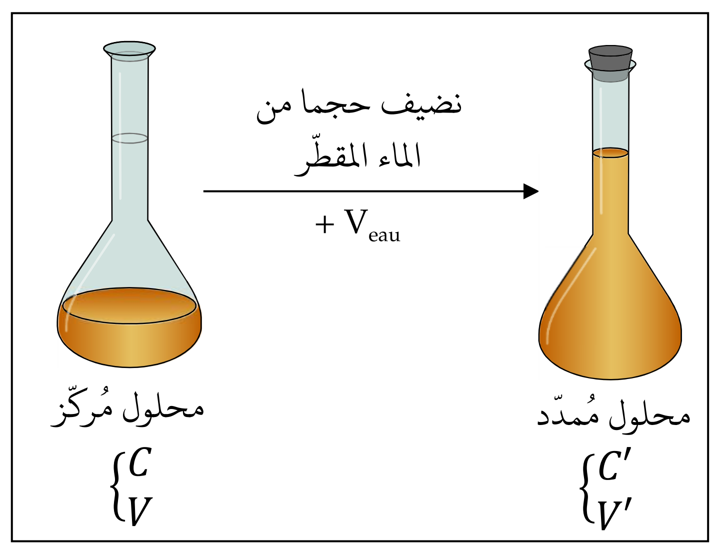
*أوجد التركيز المولي لهذا المحلول؟

يُعطى: M(O)= 16 g/mol ، M(H)= 1g/mol

M(K)= 39 g/mol

المفتاح الثّالث:

"التّمديد (التّخفيف)"



قانون التّمديد	حساب معامل التّمديد F
$C.V = C'.V'$	$F = \frac{C}{C'} = \frac{V'}{V}$

التّدريب (8)

طلب الأستاذ من التّلاميذ أن يقوموا بتحضير محلول من كلور الكالسيوم $(Ca^{2+} + 2Cl^-)$ تركيزه المولي C= 0.3 mol/L انطلاقا من المحلول الأصلي تركيزه C_0= 1.5 mol/L و حجمه V_0= 150 mL.

1- كيف نسمّي العملية المخبرية التي يجب على التّلاميذ القيام بها؟

2- ماهو حجم المحلول النّاتج؟

3- أحسب قيمة معامل التّمديد و استنتج حجم الماء المضاف؟

التّدريب (9)

نُحضّر محلولا (S) حجمه V_S= 500 mL و تركيزه المولي C_a مخفّفا 100 مرة، انطلاقا من المحلول التّجاري الذي تركيزه المولي C_0.

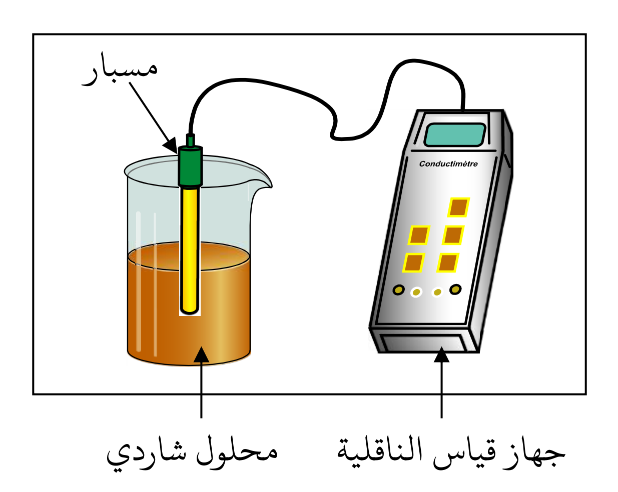
1- ماهو حجم المحلول التّجاري V_0 الواجب استعماله لتحضير المحلول (S).

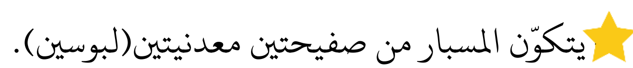
2- أذكر البروتوكول التّجريبي اللاّزم لتحضير المحلول (S).

المفتاح الرّابع:

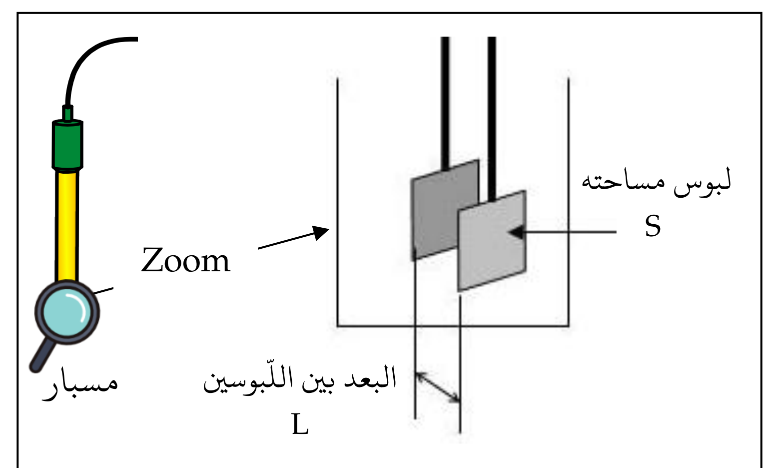
"قيـــاس النّـــاقـــلـــيّة"

⭐ لقياس ناقليّة محلول يجب أن يحتوي على شوارد (محلول شاردي).





⭐ يتكوّن المسبار من صفيحتين معدنيتين(لبوسين).



النّاقلية النّوعية σ	$\sigma = \lambda_+ . [+] + \lambda_- . [-]$ σ : النّاقلية النوعية (S/m) [ ]: التركيز المولي (mol/m^3)
النّاقـــلـــيّـــة G	$G = \sigma \times k$ G : النّاقلية (S) σ : النّاقلية النوعية (S/m) k : ثابت الخليّة (m)
كيف أحسبُ ثابت الخلية k؟	$k = \frac{S}{L}$ S: مساحة أحد اللّبوسين (m^2) L: البعد بين اللّبوسين (m)

التّدريب (10)

نحلّ كمية من هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ في الماء المقطّر فنحصل على محلول حجمه V و تركيزه المولي C، التّفاعل الكيميائي الحادث يعبّر عنه بالمعادلة:

$$Ca(OH)_2 = Ca^{2+} + 2OH^-$$

*اكتب عبارة النّاقلية G بدلالة النّاقلية المولية الشّاردية $\lambda_{Ca^{2+}}$ و النّاقلية المولية الشّاردية λ_{OH^-} و ثابت الخليّة k.

المفتاح الخامس:

"جــدول التّقــــدّم و ما جاوره من أسئلة"

معادلة التّفاعل	aA	+ bB	= cC	+ dD
الحالة الابتدائية	$n_0(A)$	$n_0(B)$	0	0
الحالة الانتقالية	$n_0(A)-ax$	$n_0(B)-bx$	x	x
الحالة النّهائية	$n_0(A)-ax_{max}$	$n_0(B)-bx_{max}$	cx_{max}	dx_{max}

⭐ a,b,c,d: تُسمّى المعاملات الستوكيومترية.

⭐ x: التقدّم في اللّحظة t.

⭐ x_{max}: التقدّم الأعظمي.

⚠ تتساءل قائلا: أحيانا نجد في جدول التقدّم x_{max} و أحيانا x_f و أحيانا x_E ؟

انتظر قليلا سأجيبك و لكن أوّلا لابدّ أن نعرف الفرق بين التفاعل التّام و التّفاعل غير التّام.

التّفاعل التّام	التّفاعل غير التّام
1- $x_f = x_{max}$	1- $x_f \neq x_{max}$
2- أحد المتفاعلين A أو B ينتهي.نسميه بالمُتفاعل المحد.	2- كلا المتفاعلين A و B لا ينتهيان.
3- لا يحقق الشّروط الستوكيومترية.	3- لا يحقق الشّروط الستوكيومترية.

في بعض الحالات كلا المتفاعلين A و B ينتهيان في آن واحد (لا يوجد متفاعل محدّ) و هنا يكون التّفاعل تامّا و المزيج ستوكيومتريّا.

و نعني بالمزيج الستوكيومتري مزيج المتساوي المولات، حيث يحقّقه التّفاعل بشرط و هو:

$$\frac{n_0(A)}{a} = \frac{n_0(B)}{b}$$

كما نعلم أنّ التفاعلات الكيميائية في هذه الوحدة (1) كلّها تفاعلات تامّة.

و بالتّالي لك الحُريّة في كتابة ما تشاء في جدول التّقدّم في الحالة النّهائية x_{max} أو x_f في جدول التّقدّم.حيث:

x_{max} يمثل التّقدم الأعظمي.
x_f يمثّل التّقدّم النّهائي.

أمّا x_E فيُكتبُ في حالة المُعايرة اللّونية التي سندرسها في هذه الوحدة أو المعايرة المترية pH في الوحدة (4).

التّدريب (11)

يحدُث تفاعل بين محلول $(2K^{+}+S_2O_8^{2-})$ حجمه $V=100$ mL و تركيزه المولي $C=5\times10^{-3}$ mol/L مع محلول $(K^{+}+I^{-})$ حجمه $V'=100$ mL و تركيزه المولي $C'=0.1$ mol/L.

1- أُكتب معادلة التّفاعل.

تُعطى: (I_2/I^{-}) ، $(S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-})$

2- برّر أن التفاعل الحادث هو تفاعل أكسدة-إرجاع.

3- هل المزيج متساوي المولات (ستوكيومتري)؟

التّدريب (12)

نمزج في اللّحظة t=0 بين $H_2C_2O_4$ حجمه $V_1=50$ mL تركيزه المولي $C_1= 10^{-2}$ mol/L مع $(K^{+}+MnO_4^{-})$ حجمه $V_2=50$ mL تركيزه المولي $C_2= 10^{-2}$ mol/L، و يُنمذج هذا التّفاعل بالمعادلة التّالية:

$$2MnO_4^{-}{}_{(aq)}+5H_2C_2O_{4(aq)}+6H^{+}{}_{(aq)}=2Mn^{2+}{}_{(aq)}+10CO_{2(g)}+8H_2O_{(l)}$$

1- أنجز جدول تقدّم التّفاعل.

2- حدّد المتفاعل المحدّ.

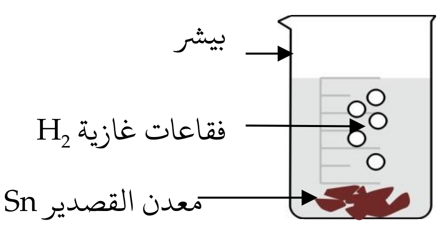
3- هل يمكن اعتبار المزيج ستوكيومتريّ؟ علّل.

التّدريب (13)

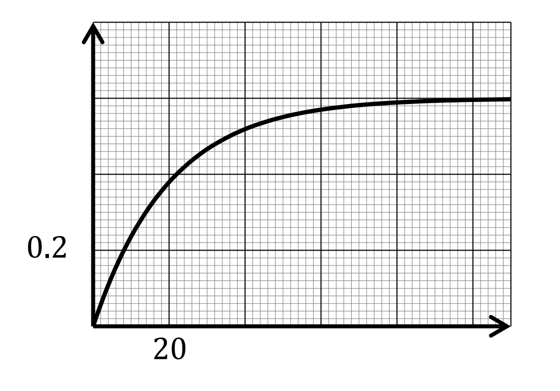
نُدخل في بيشر به محلول حمض كلور الماء $(H^{+}+Cl^{-})$ حجمهُ $V=150$ mL و تركيزه C قطعة من معدن القصدير Sn كتلتها $m=0.3$ g.

يُنمذج هذا التّحول الكيميائي بالمعادلة التّالية:

$$Sn_{(s)} + 2H^{+}{}_{(aq)} = Sn^{2+}{}_{(aq)} + H_{2\,(g)}$$



مُتابعة هذا التحوّل زمنيّا مكننا من رسم بيان تقدّم التّفاعل x بدلالة الزّمن $x = f(t)$.



1- أنجز جدول التقدّم.

2- أُوجد قيمة التّقدّم الأعظمي x_{max}.(من البيان)

3- أُوجد المتفاعل المحدّ.

4- أُحسب التركيز المولي C لمحلول حمض كلور الماء.

5- جد التّركيب المولي (حصيلة المادّة) في الحالة النّهائية.

6- استنتج حجم غاز ثنائي الهيدروجين المتشكل في الحالة النّهائية.

تُعطى: M(Sn)= 118 g/mol

V_M = 22,4 L/mol

و بالتالي يمكن حساب قيمة التقدّم الأعظمي x_{max} بطريقتان تذكّرهما جيّدا:

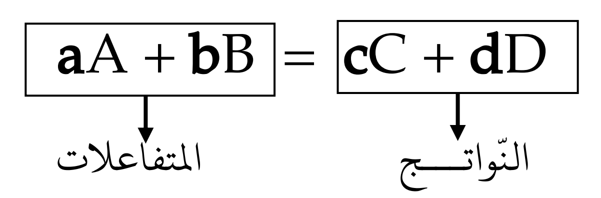
1- مقارنة x_{max} للمتفاعلين و نأخذ القيمة الأصغر.

2- إيجاد قيمة x_{max} من البيان.

المفتاح السّادس:

"التّحوّلات الكيميائية"

ليكن لدينا التحوّل الكيميائي المنمذج بالمعادلة التالية:



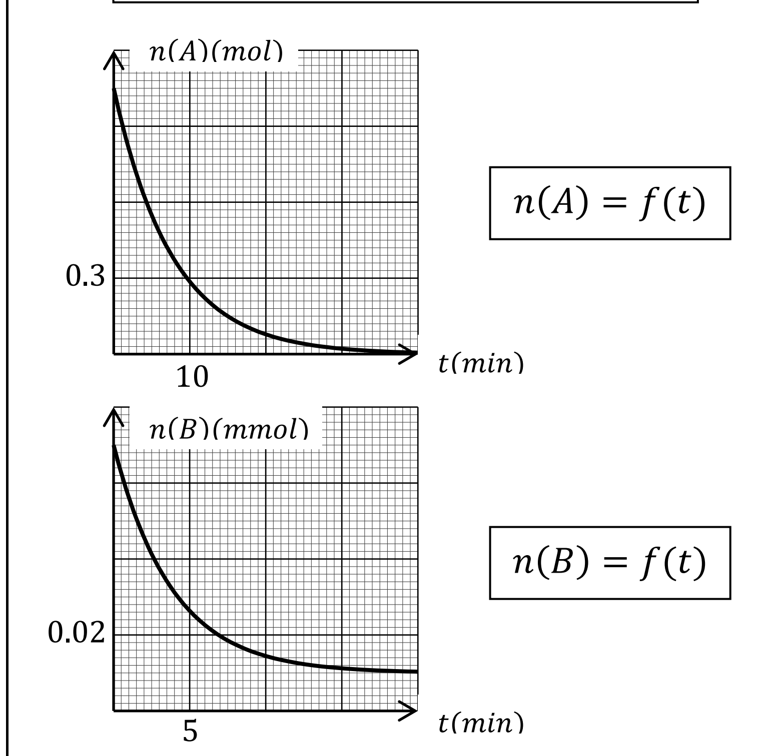
أصناف التحوّلات الكيميائية	
التحوّل الكيميائي السّريع	هو تفاعل آني (لحظي) يحدُث بمجرّد ملامسة المتفاعلات لبعضها.
التحوّل الكيميائي البطيء	هو تفاعل كيميائي يستغرق عدّة ثواني (s) أو دقائق (min) أو ساعات (h) .
التحوّل الكيميائي البطيء جدّا	هو تفاعل كيميائي يستغرق عدّة أيّام (jours) ، أسابيع (semains) ، أشهر (mois) أو حتّى سنوات (ans)، و تُعتبر الجملة عندها عاطلة كيميائيّا.

المفتاح السّابع:

"المتابعة الزّمنيّة لتحوّل كيميائي"

نقصدُ بالمتابعة الزمنية لتحوّل كيميائي قياس عدد المولات (كميّة المادة n) للمتفاعلات أو النّواتج في لحظات زمنية t متعاقبة (متتالية). راجع التّمارين التجريبية جيّدا.

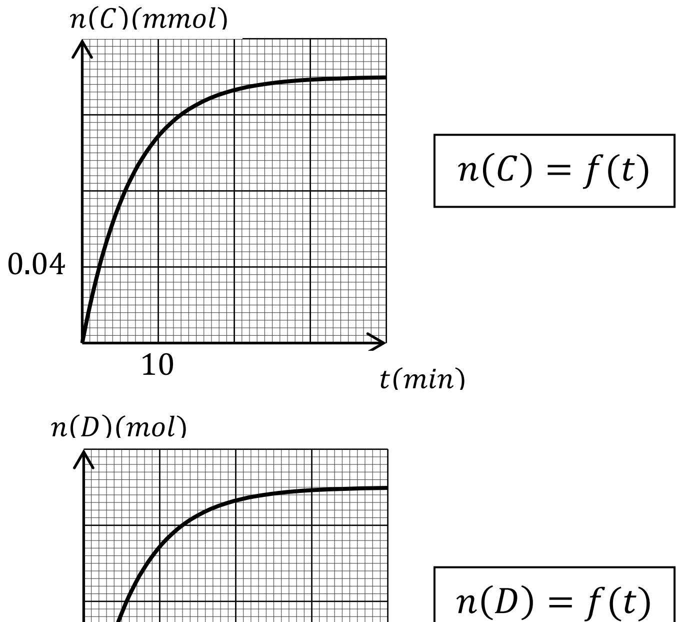
بيان كميّة مادّة المتفاعل A و B بدلالة الزّمن t :



باستغلالك للبيانين أوجد مايلي:

$n_0(A)$	
$n_f(A)$	
$n_0(B)$	
$n_f(B)$	
استنتج المتفاعل المحدّ.	

بيان كميّة مادّة النّاتج C و D بدلالة الزّمن t :

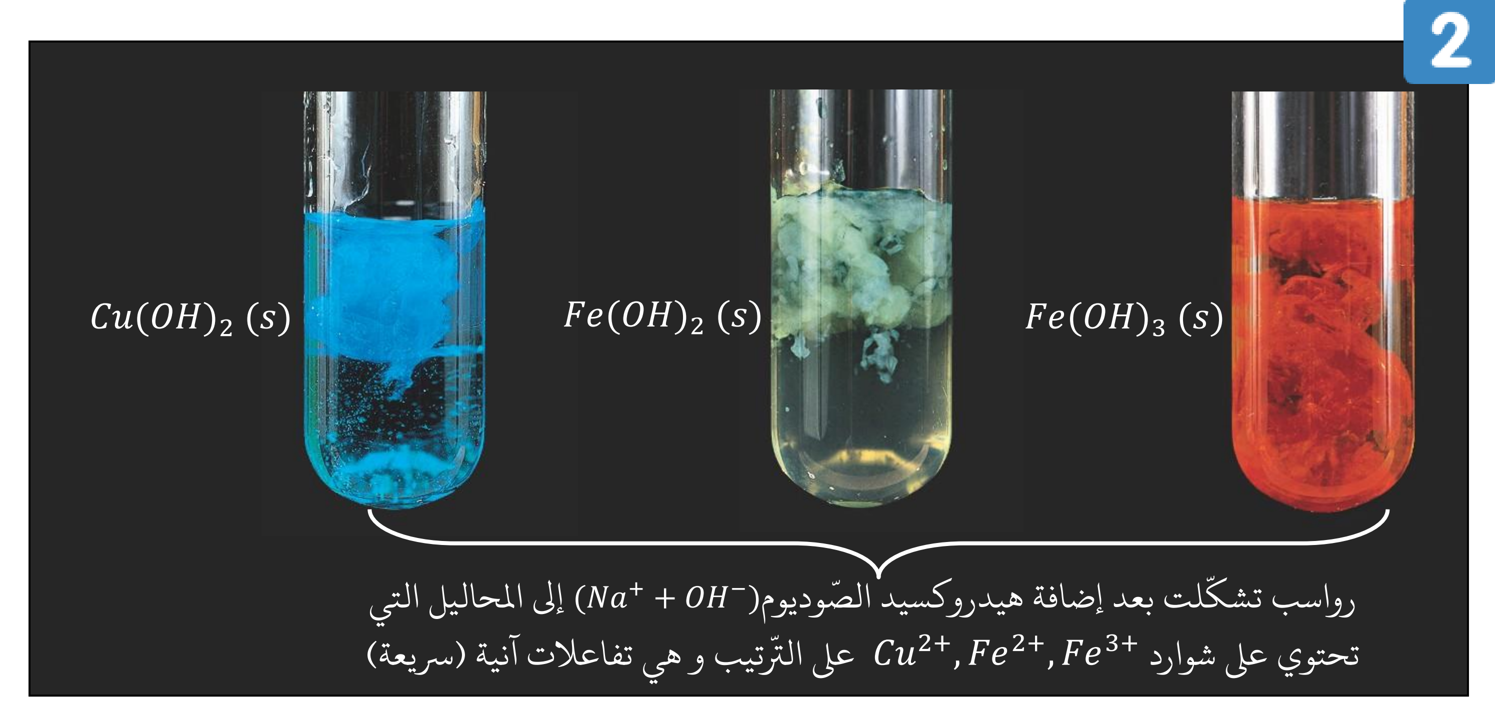


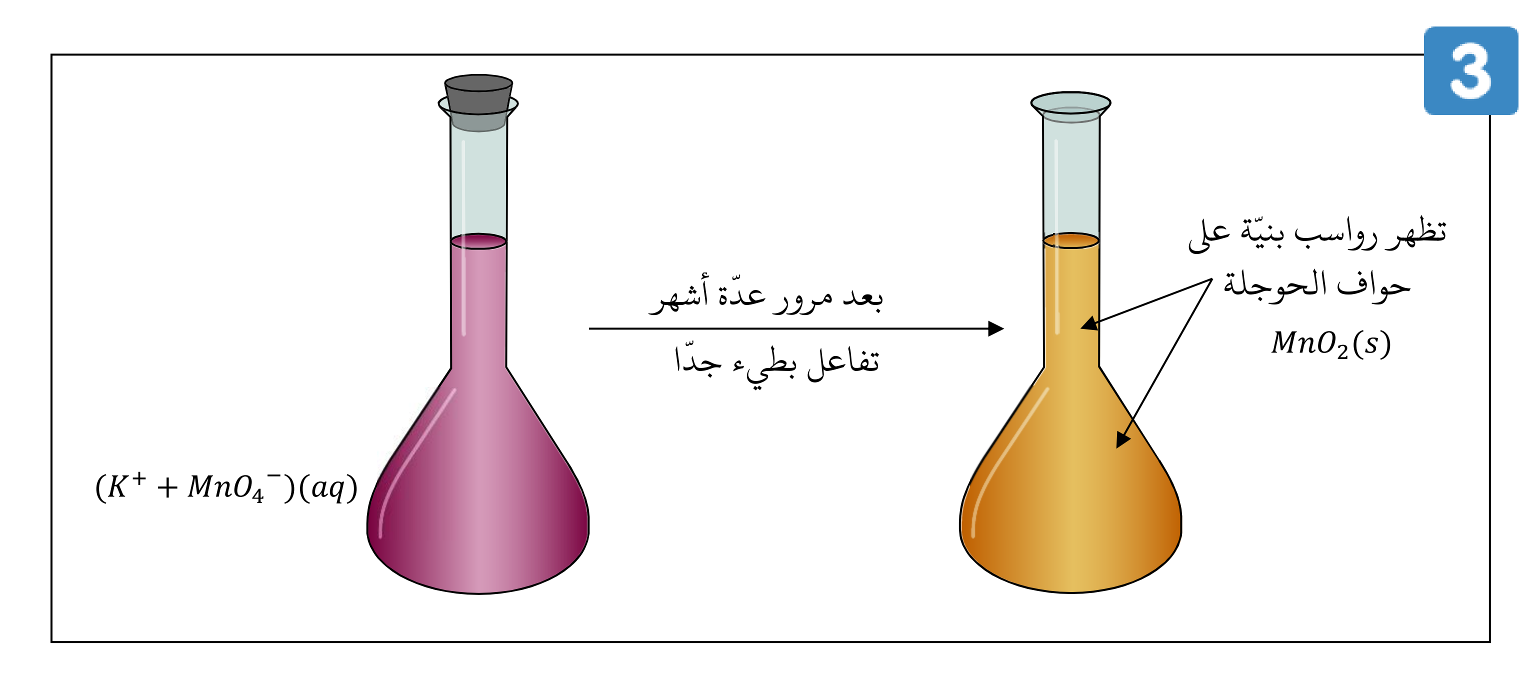
باستغلالك للبيانين أوجد مايلي:

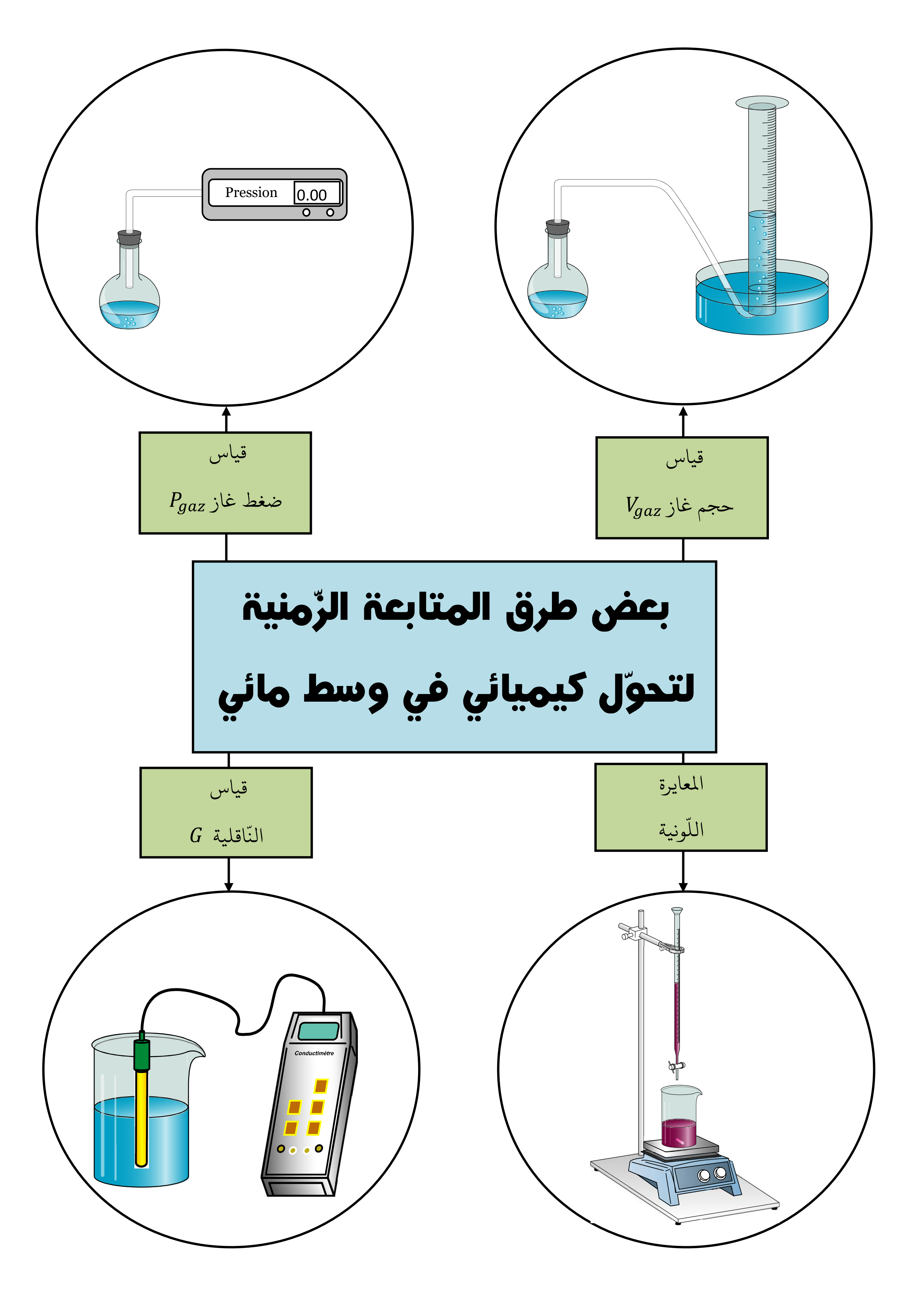
$n_0(C)$	
$n_f(C)$	
$n_0(D)$	
$n_f(D)$	

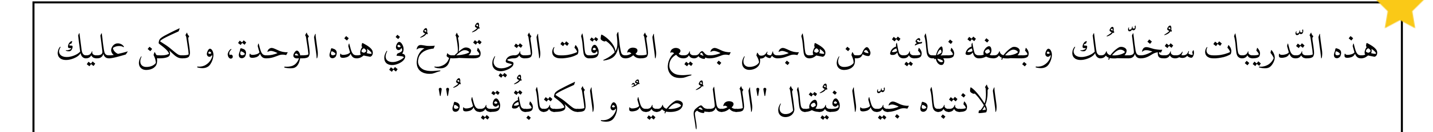
أمثلة عن بعض التحوّلات الكيميائية








بعض طرق المتابعة الزّمنية
لتحوّل كيميائي في وسط مائي
قياس
حجم غاز V_{gaz}
قياس
ضغط غاز P_{gaz}
Pression
0.00
المعايرة
اللّونية
قياس
النّاقلية G
Conductimètre


هذه التّدريبات ستُخلّصُك و بصفة نهائية من هاجس جميع العلاقات التي تُطرحُ في هذه الوحدة، و لكن عليك الانتباه جيّدا فيُقال "العلمُ صيدٌ و الكتابةُ قيدهُ"

التّدريب (14)

يتفاعل الماء الأوكسجيني H_2O_2 حجمه V_1 و تركيزه C_1 مع محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)$ حجمه V_2 و تركيزه C_2 ، و ينمذج هذا التّفاعل بالمعادلة التّالية:

$$5H_2O_{2(aq)} + 2MnO_4^-{}_{(aq)} + 6H^+{}_{(aq)} = 5O_{2(g)} + 2Mn^{2+}{}_{(aq)} + 8H_2O_{(l)}$$

1- أنجز جدول التقدّم.

2- بين أنّه في كل لحظة t، تُعطى العلاقات التّالية:

1 $x = \frac{C_1.V_1 - [H_2O_2].V_T}{2}$

2 $x = \frac{C_2.V_2 - [MnO_4^-].V_T}{2}$

3 $x = \frac{V_{O_2}}{5.V_M}$

4 $x = \frac{[Mn^{2+}].V_T}{2}$

التّدريب (15)

يتفاعل محلول $(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ تركيزه المولي $C_1 = 0.04\ mol/L$ و حجمه $V_1 = 100\ ml$ مع محلول $(K^+ + I^-)$ تركيزه المولي $C_2 = 0.3\ mol/L$ و حجمه $V_2 = 100\ ml$.

1- أكتب معادلة التّفاعل.

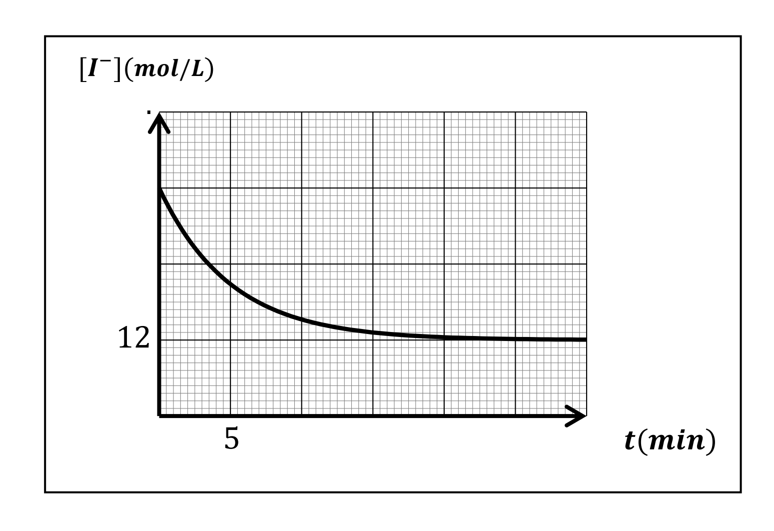
تُعطى: (I_2/I^-) ، $(S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-})$

1- أنجز جدول تقدّم التفاعل.

2- بين أنّه في كلّ لحظة t، تعطى العلاقة التّالية:

$$[I_2] = \frac{C_2}{4} - \frac{[I^-]}{2}$$

3- المتابعة الزّمنية لهذا التّحوّل الكيميائي مكّنتنا من رسم البيان $[I^-] = f(t)$.



أ- أوجد قيمة التركيز المولي $[I^-]$ عند اللّحظة t=10 min.

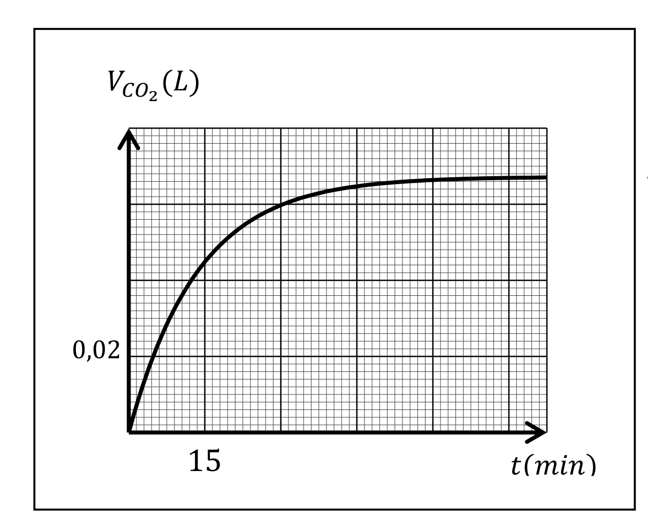
ب- استنتج قيمة $[I_2]$ عند نفس اللّحظة.

التّدريب (16)

نمزج في اللّحظة t=0 بين $H_2C_2O_4$ حجمهُ $V_1=100\ mL$ تركيزه المولي $C_1=3\times10^{-2}\ mol/L$ مع $(K^++MnO_4^-)$ حجمهُ $V_2=150\ mL$ تركيزه المولي $C_2=10^{-2}\ mol/L$، و يُنمذج هذا التّفاعل بالمعادلة التّالية:

$$2MnO_4^-{}_{(aq)}+5H_2C_2O_{4(aq)}+6H^+{}_{(aq)}=2Mn^{2+}{}_{(aq)}+10CO_{2(g)}+8H_2O_{(l)}$$

1- أنجز جدول التقدّم.
2- أُحسب قيمة التقدّم النّهائي x_f ثمّ استنتج المتفاعل المحد.
3- أوجد عبارة تركيز الحمض $[H_2C_2O_4]$ في كل لحظة t بدلالة $C_1, V_1, V_T, V_M, V_{CO2}$.



4- تابعنا هذا التّحول زمنيّا فتمكنّا من رسم البيان $V_{CO_2}=f(t)$
أ- صنّف هذا التحوّل من حيث المدّة الزمنيّة المستغرقة.
ب- أوجد الحجم النّهائي لغاز ثاني أكسيد الكربون $V_f(CO_2)$.
جـ- بين أنّ:

$$x_f=\frac{V_f(CO_2)}{10.V_M}$$

ثمّ أحسب قيمتها، علما أنّ الغاز خاضع للشرطين النّظاميين: $P=1atm$ و $T=0\ °C$.
د- أعط التركيب المولي للمزيج في نهاية التّفاعل.

التّدريب (17)

نريد إجراء متابعة زمنية لتحوّل كيميائي بين الألمنيوم Al و محلول حمض كلور الماء $(H_3O^++Cl^-)$ و الذي يُنمذج بتفاعل كيميائي تامّ.
نضع في حوجلة قطعة ألمنيوم Al كتلتها m_0 ثم نضيف إليها في اللّحظة t=0 الحجم $V=100\ mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي C، فنلاحظ انطلاق غاز الهيدروجين H_2.
لمتابعة تطور التّفاعل الكيميائي عند درجة حرارة ثابتة و ضغط ثابت، نُسجّل في كلّ لحظة t حجم غاز الهيدروجين المنطلق ثم نستنتج كتلة الألمنيوم المُتبقيّة و نُدوّن النّتائج في الجدول التّالي:

t(min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
m(g)	4,05	2,84	2,27	1,94	1,78	1,70	1,64	1,62	1,62

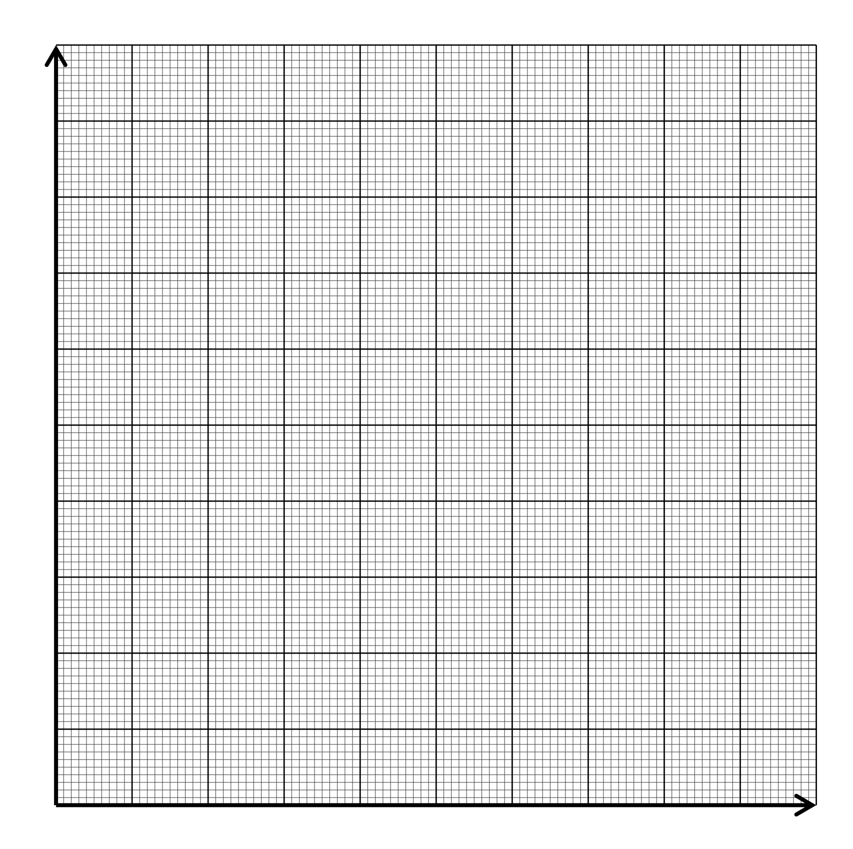
1- أكتب معادلة التّفاعل الحادث علما أنّ: (Al^{3+}/Al) , (H_3O^+/H_2).
2- أ- أرسم على ورق ملمتري منحنى تغيرات الكتلة m للألمنيوم المتبقى بدلالة الزّمن باعتماد السّلم
1cm ⟶ 0.5g   1cm ⟶ 1min
ب- حدّد المتفاعل المُحدّ.
3- أنشيء جدول التّقدم.
4- أُحسب كميّة المادّة الابتدائية $n_0(Al)$ و $n_0(H_3O^+)$ للمتفاعلات ثم استنتج التركيز المولي C لمحلول حمض كلور الماء.
تُعطى: الكتلة المولية للألمنيوم، $M(Al)=27\ g/mol$

كيف أتحصّل على العلامة الكاملة في رسم البيان ؟ (تابع للتدريب (17))-المفتاح 07

1 أحدّد المحورين (محور الفواصل (محور الأزمنة t) + محور الترّاتيب (الكتلة m)) ثم أستعين بالسلّم في تعيين النّقط المكتوبة في الجدول.

محور الأزمنة t	محور تغيرات الكتلة m

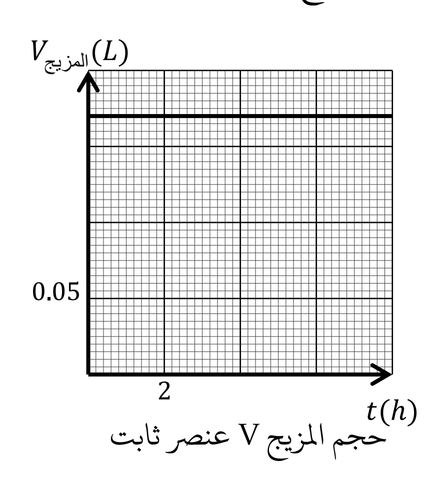
2 أعيّن النقاط المحسوبة باستعمال سلّم الرّسم على الورق الملميتري بحذر ثمّ أربط بينها لأتحصّل على بيان دقيق و لا أنسى كتابة السلّم و العنوان داخل الورق المليمتري.



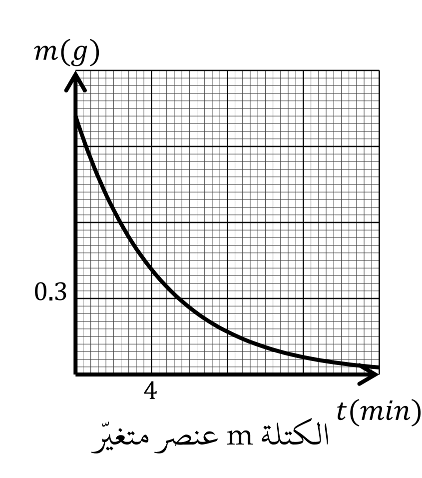
نصيحة: لاتضغط على قلم الرّصاص عند تعين النّقط لكي تستطيع إزالتها عند الخطأ.

المفتاح الثّامن: "مفهوم الاشتقاق في الفيزياء (صالح لجميع الوحدات من 01 إلى 07)"

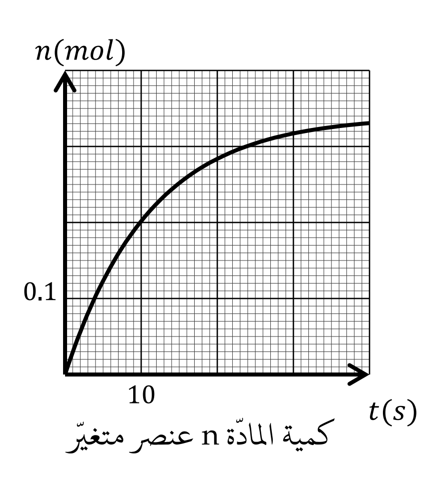
في الفيزياء لدينا عنصرين مهمّين الأول نُسمّيه "الثّابت" أي يبقى ثابت مع مرور الزّمن و العنصر الثّاني نسمّيه "المتغيّر" أي يتغيّر مع مرور الزّمن. فمثلا و بملاحظتنا لهذه البيانات يمكننا معرفة الفرق بين العنصر الثابت و العنصر المتغيّر:



حجم المزيج V عنصر ثابت



الكتلة m عنصر متغيّر



كمية المادّة n عنصر متغيّر

في التّمارين نُركّز فقط على بيانات العنصر المتغيّر.

ليكن في علمك تلميذي أنّنا في الفيزياء نشتقّ المقادير الفيزيائية (m,V,n, P, G, x...) بدلالة الزّمن t، لهذا لا تندهش من هذه الكتابات $\frac{dx}{dt}$ ، $\frac{dm}{dt}$، $\frac{dn}{dt}$......حيث: d: تعني اشتقاق أي dérivation.حيث التقدّم x دائما عنصر متغيّر.



لدينا 4 حالات للاشتقاق:

1

$$\frac{d(\text{ثابت})}{dt} = 0$$

2

$$\frac{d(\text{ثابت} \times \text{متغير})}{dt} = \text{ثابت} \times \frac{d(\text{متغير})}{dt}$$

3

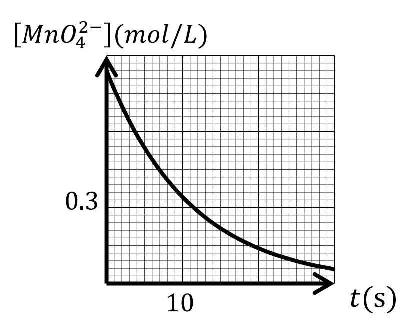
$$\frac{d}{dt}(\text{ثابت} + \text{متغير}) = \underbrace{\frac{d}{dt}(\text{ثابت})}_{0} + \frac{d}{dt}(\text{متغير}) = \frac{d}{dt}(\text{متغير})$$

4

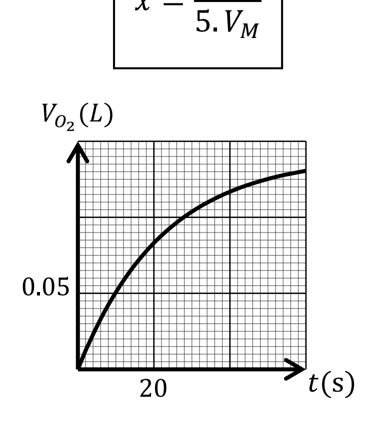
$$\frac{d}{dt}(\text{ثابت} - \text{متغير}) = \underbrace{\frac{d}{dt}(\text{ثابت})}_{0} - \frac{d}{dt}(\text{متغير}) = -\frac{d}{dt}(\text{متغير})$$

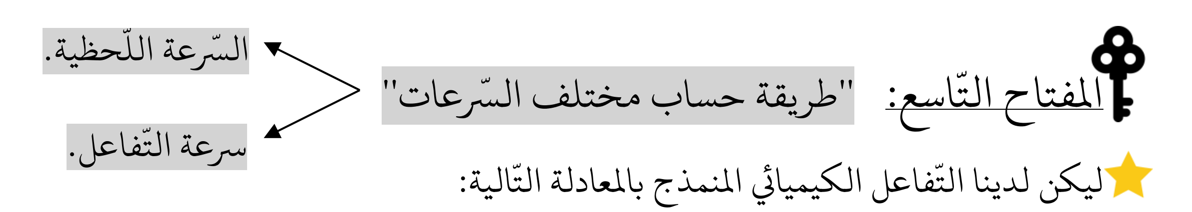
أدخل الاشتقاق على العلاقات التّالية:

$$x = \frac{C_2.V_2 - [MnO_4{}^-].V_T}{2}$$



$$x = \frac{V_{O_2}}{5.V_M}$$





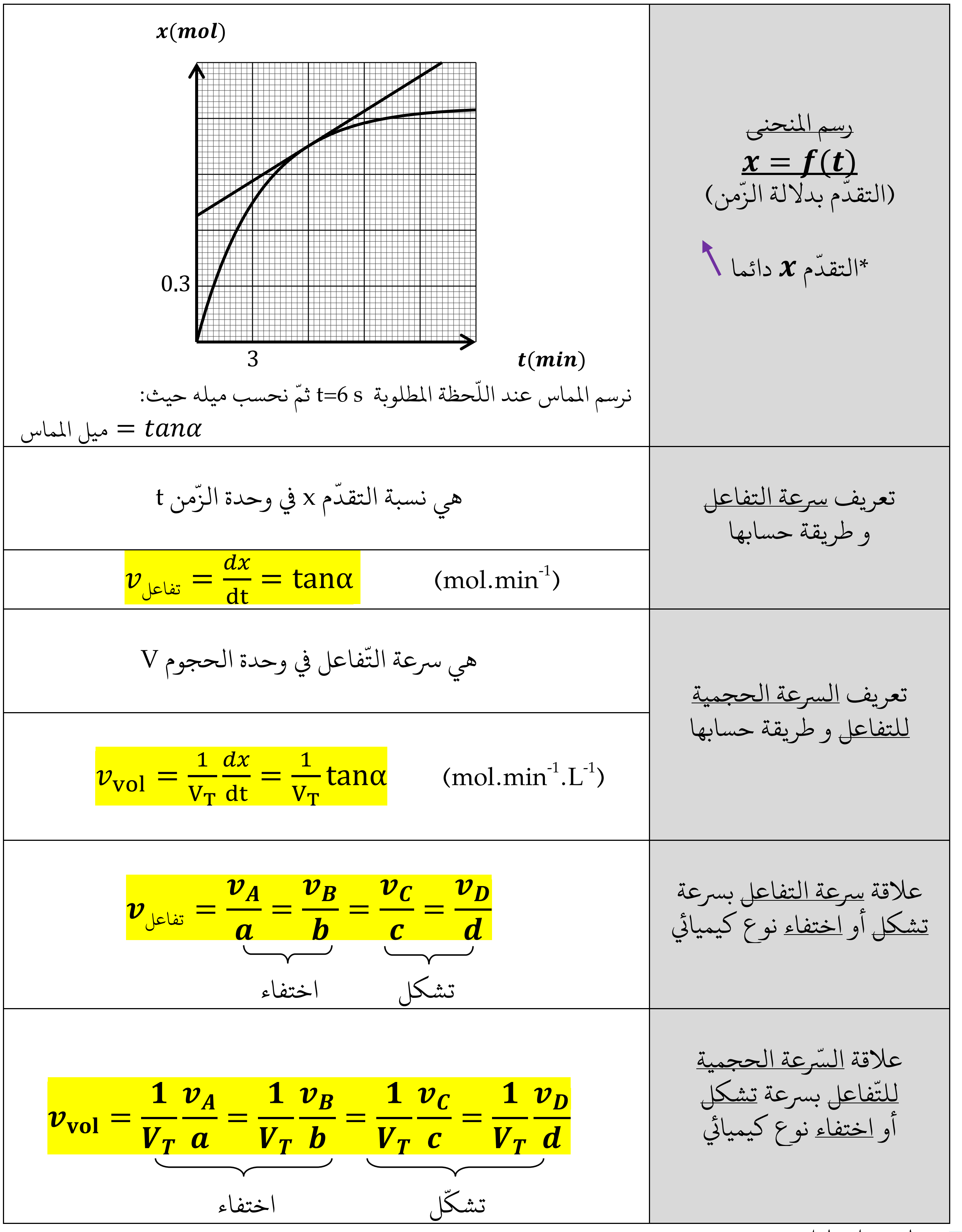
ليكن لدينا التّفاعل الكيميائي المنمذج بالمعادلة التّالية:

$$aA + bB = cC + dD$$

1 حساب السّرعة اللّحظية

رسم المنحنى $n_A = f(t)$	$n_A(mol)$ 0.2 10 $t(s)$ نرسم المماس عند اللّحظة المطلوبة t=20 s ثمّ نحسب ميله حيث: ميل المماس $= tan\alpha$
حساب السرعة اللحظية لاختفاء نوع كيميائي	$v_{اختفاء} = -\frac{dn}{dt} = -tan\alpha$ (mol.s^{-1})
حساب السرعة اللحظية الحجمية لاختفاء نوع كيميائي	$v_{اختفاء} = -\frac{1}{V_T}\frac{dn}{dt} = -\frac{1}{V_T}tan\alpha$ (mol.s^{-1}.L^{-1}) V_T: الحجم الكلّي للمزيج
رسم المنحنى $n_C = f(t)$	$n_C(mol)$ 0.5 10 $t(s)$ نرسم المماس عند اللّحظة المطلوبة t=20 s ثمّ نحسب ميله حيث: ميل المماس $= tan\alpha$
حساب السرعة اللحظية لتشكل نوع كيميائي	$v_{تشكّل} = \frac{dn}{dt} = tan\alpha$ (mol.s^{-1})
حساب السرعة اللحظية الحجمية لتشكل نوع كيميائي	$v_{تشكّل} = \frac{1}{V_T}\frac{dn}{dt} = \frac{1}{V_T}tan\alpha$ (mol.s^{-1}.L^{-1}) V_T: الحجم الكلّي للمزيج

2 حساب سرعة التّفاعل



رسم المنحنى $x = f(t)$ (التقدّم بدلالة الزّمن) *التقدّم x دائما ↑	نرسم المماس عند اللّحظة المطلوبة t=6 s ثمّ نحسب ميله حيث: $tan\alpha =$ ميل المماس
تعريف سرعة التفاعل و طريقة حسابها	هي نسبة التقدّم x في وحدة الزّمن t $v_{تفاعل} = \frac{dx}{dt} = \tan\alpha$ (mol.min^{-1})
تعريف السرعة الحجمية للتفاعل و طريقة حسابها	هي سرعة التّفاعل في وحدة الحجوم V $v_{vol} = \frac{1}{V_T}\frac{dx}{dt} = \frac{1}{V_T}\tan\alpha$ (mol.min^{-1}.L^{-1})
علاقة سرعة التفاعل بسرعة تشكل أو اختفاء نوع كيميائي	$v_{تفاعل} = \frac{v_A}{a} = \frac{v_B}{b} = \frac{v_C}{c} = \frac{v_D}{d}$ اختفاء (A, B) ، تشكل (C, D)
علاقة السّرعة الحجمية للتّفاعل بسرعة تشكل أو اختفاء نوع كيميائي	$v_{vol} = \frac{1}{V_T}\frac{v_A}{a} = \frac{1}{V_T}\frac{v_B}{b} = \frac{1}{V_T}\frac{v_C}{c} = \frac{1}{V_T}\frac{v_D}{d}$ اختفاء (A, B) ، تشكّل (C, D)

نصائح و إرشادات:

⭐ عند حساب سرعة التّفاعل أو السّرعة الحجمية للتفاعل نستخرج دائما التقدّم x بدلالة ماهو موجود في محور تراتيب البيان (تركيز مولي، كتلة، كمية المادة.....) ثم ندخل الاشتقاق (راجع المفتاح الثّامن).

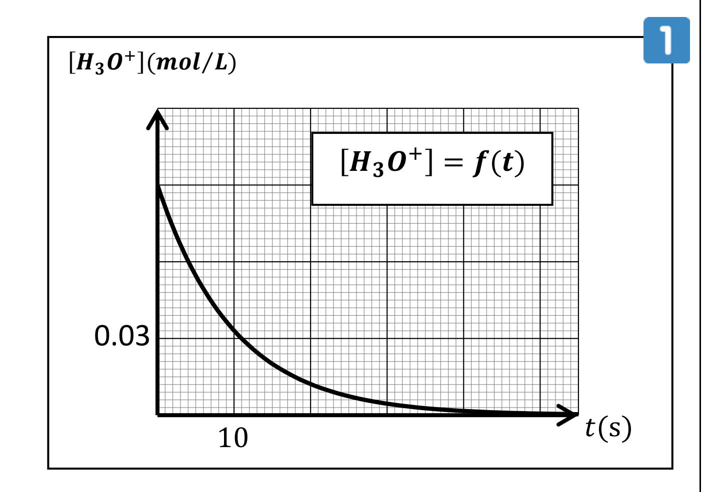
⭐ لا تنسى المعاملات السّتوكيومترية في جدول التقدّم ، و أذكّرك بأنّ $tan\alpha = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$.

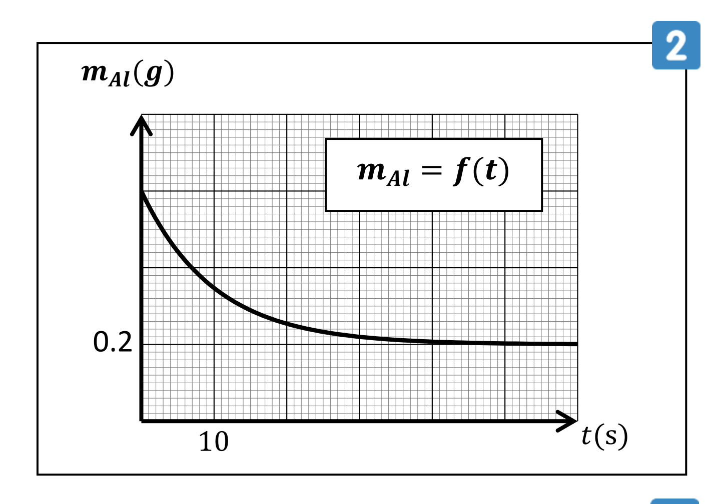
التّدريب (18)

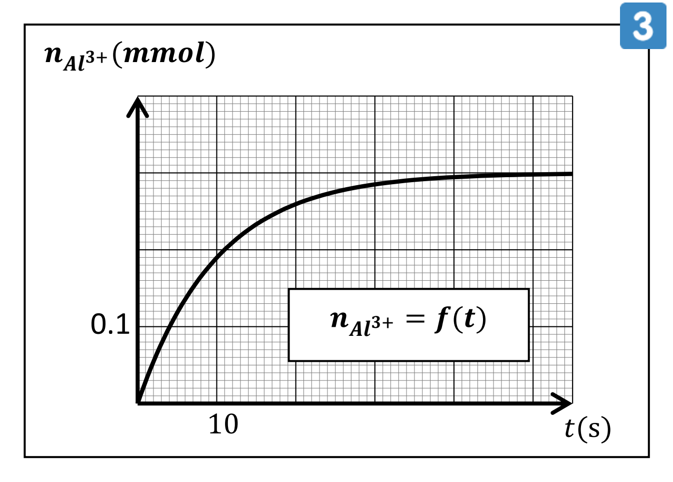
نُدخل في بيشر به محلول حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)$ حجمهُ $V = 200\ mL$ و تركيزه C، قطعة من معدن الألمنيوم Al.

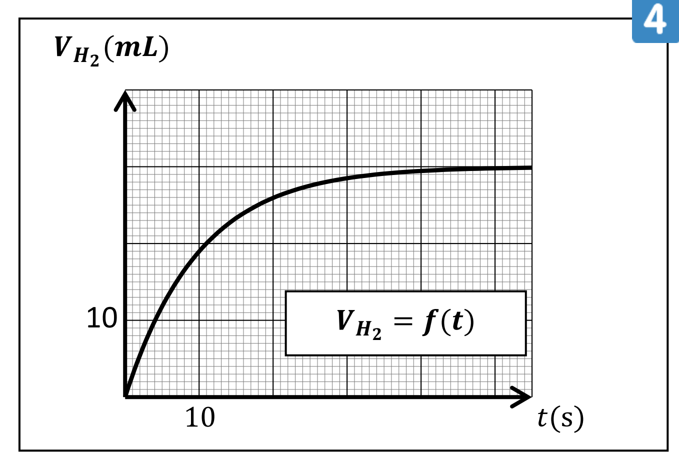

1- أنشئ جدول التقدّم علما أنّ (H_3O^+/H_2) , (Al/Al^{3+})

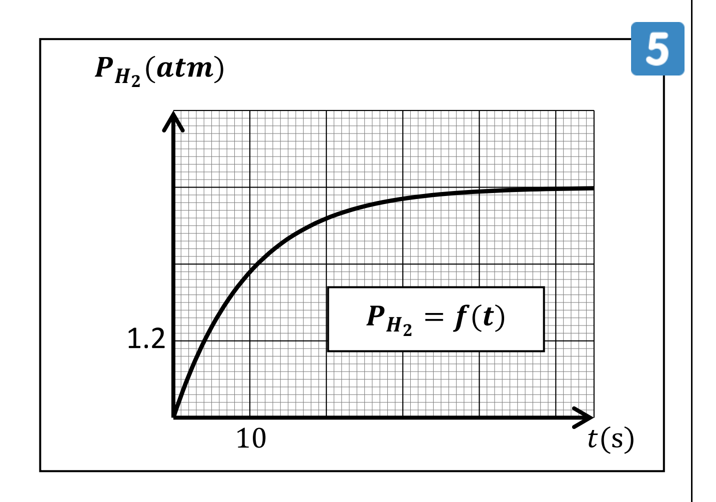
2- تابعنا زمنيّا كل من المتفاعلات و النّواتج المتحصّل عليها، فتمكّنا من رسم البيانات التالية:











في كل حالة من الحالات السّابقة، أوجد عبارة:

1- سرعة التّفاعل و السّرعة الحجمية للتّفاعل.

ثمّ احسبهما من البيان $V_{H_2} = f(t)$.

1- استنتج السّرعة اللّحظية للتشكّل و السّرعة اللّحظية للاختفاء لكل من المتفاعلات و النّواتج.

عند t=15s

المفتاح العاشر: "حساب زمن نصف التّفاعل $t_{1/2}$"

تعريفُه	هو الزّمن اللازم لبلوغ التّفاعل نصف تقدّمه الأعظمي (النّهائي)، حيث: $t = t_{1/2} \Rightarrow x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$
حسابُه	$x(mol)$ ؛ 0.2 ؛ 12 ؛ $t(s)$ *زمن نصف التّفاعل $t_{1/2}$ دائما نجدهُ على محور الأزمنة (محور الفواصل).

التّدريب (19)

هذا التّدريب له علاقة مع التدريب (18) (المفتاح التّاسع)

1

$[H_3O^+](mol/L)$

$[H_3O^+] = f(t)$

0.03

10

t(s)

2

$m_{Al}(g)$

$m_{Al} = f(t)$

0.2

10

t(s)

3

$V_{H_2}(mL)$

$V_{H_2} = f(t)$

10

10

t(s)

في كل حالة من الحالات السّابقة، بين ثم أحسب $t_{1/2}$:

$$[H_3O^+](t_{1/2}) = \frac{[H_3O^+]_0}{2}$$

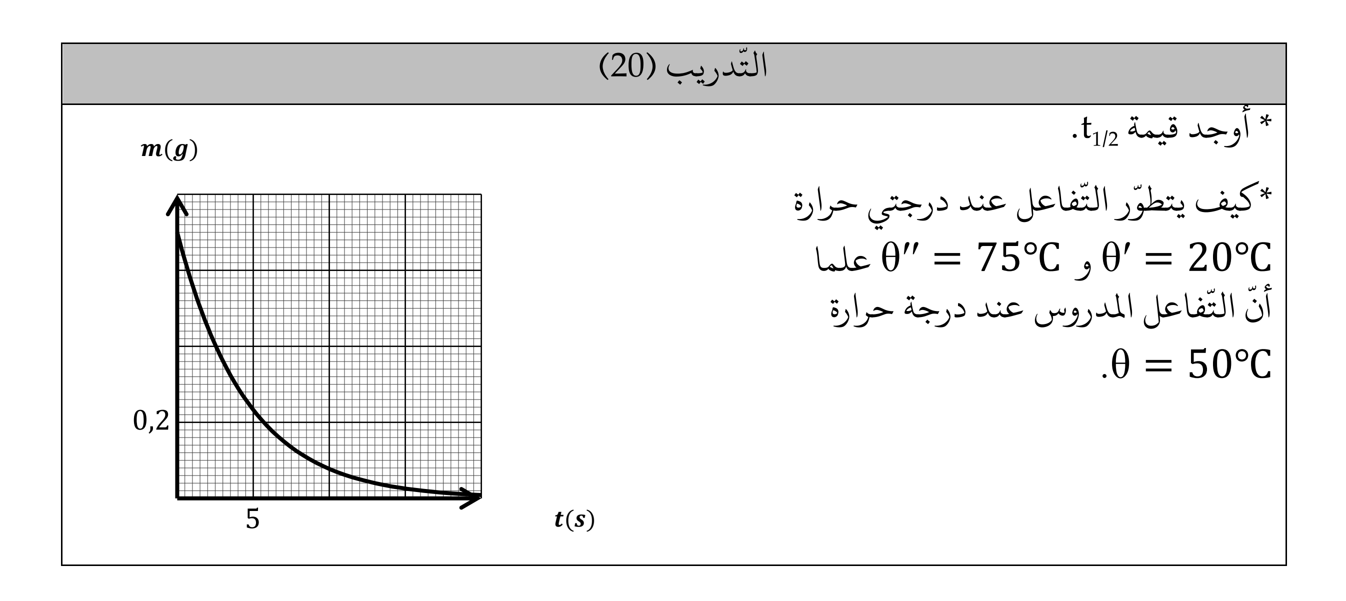
$$m(t_{1/2}) = \frac{m(Al)_f + m(Al)_0}{2}$$

$$V_{H_2}(t_{1/2}) = \frac{V(H_2)_f}{2}$$

المفتاح الحادي عشر: "العوامل الحركية"

بعض العوامل الحركية	**درجة الحرارة** كلّما ارتفعت درجة حرارة المزيج التّفاعلي، كلّما كانت مدة التّفاعل أقصر.	**تراكيز المتفاعلات** كلّما كان الترّكيز الابتدائي للمتفاعلات أكبر كانت مدّة التّفاعل أقصر.	**الوساطة** نستعمل فيها الوسيط، و هو نوع كيميائي يسرّع التّفاعل دون أن يظهر في معادلة التّفاعل ولا يغيّر الحالة النّهائية للجملة.و هي أنواع: *وساطة متجانسة (نفس الطور) *وساطة غير متجانسة (مختلفان) *وساطة أنزيمية (أنزيم)
التفسير المجهري للعوامل الحركية	زيادة درجة الحرارة يؤدّي إلى زيادة في الطّاقة الحركية فتتسارع التّصادمات الفعّالة بين الأفراد الكيميائية و بالتّالي زيادة في سرعة التّفاعل. $t_{1/2}$ ↘	زيادة التركيز الابتدائي لأحد المتفاعلات يؤدّي إلى زيادة في عدد الأفراد الكيميائية فتتسارع التّصادمات الفعّالة و بالتّالي زيادة في سرعة التّفاعل. $t_{1/2}$ ↘	يقوم الوسيط بزيادة الطّاقة الحركية فتتسارع التّصادمات الفعّالة بين الأفراد الكيميائية و بالتّالي زيادة في سرعة التّفاعل. $t_{1/2}$ ↘

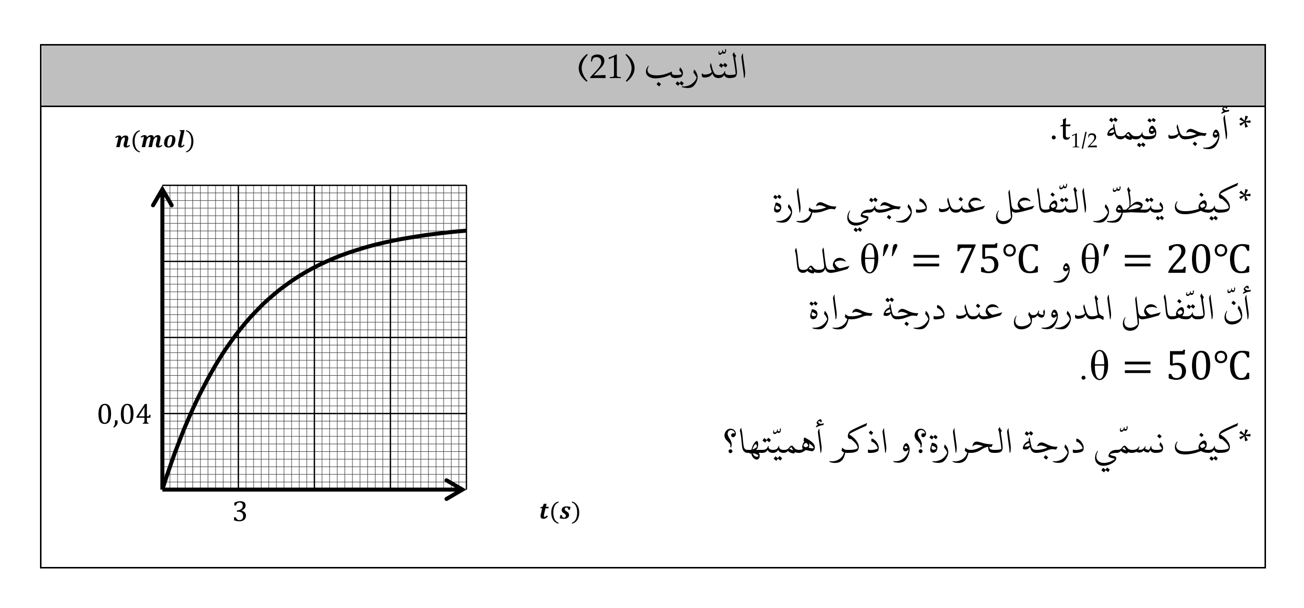
التّدريب (20)



* أوجد قيمة $t_{1/2}$.

*كيف يتطوّر التّفاعل عند درجتي حرارة $\theta' = 20°C$ و $\theta'' = 75°C$ علما أنّ التّفاعل المدروس عند درجة حرارة $\theta = 50°C$.

التّدريب (21)



* أوجد قيمة $t_{1/2}$.

*كيف يتطوّر التّفاعل عند درجتي حرارة $\theta' = 20°C$ و $\theta'' = 75°C$ علما أنّ التّفاعل المدروس عند درجة حرارة $\theta = 50°C$.

*كيف نسمّي درجة الحرارة؟ و اذكر أهميّتها؟

لصيقـــات الخطر الموجودة في قارورات المحاليل و المساحيق الكيميائية.


Produits cancérigènes et/ou sensibilisants
خطر على الصحّة


Produits écotoxiques
مادّة مُلوّثة للبيئة


Gaz sous pression
غاز تحت ضغط


Produits corrosifs
مادّة كاوية و حارقة


Produits irritants
مـادّة مهيّجــة


Produits toxiques
مادّة سامّة (حادّة)


Produits comburants
مادّة مؤكسدة

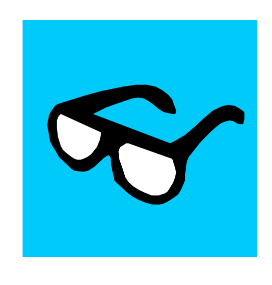

Produits inflammables
مادة سريعة الاشتعال


Produits explosifs
مادّة مُتفجّرة

ما يجب فعله قبل بداية أي تجربة كيميائية


ارتداء المئزر


ارتداء القفازات


ارتداء النّظارات

1. يجب ارتداء نظارات الوقاية للعين والتي بها حواجز لمنع تعرض العين للمواد الكيميائية أو التعرض للزجاج المتناثر في حالة كسر أى أدوات زجاجية.
2. يجب التأكد من عدم وجود قطع أو ثقوب في القفازات المستخدمة.
3. المواد الكيميائية السامة غير المعروف درجة سميتها لا يجب شمها على الإطلاق. والمواد الكيميائية المتطايرة والسامة أو المواد الصلبة والسائلة السامة يجب التعامل معها في خزانة التجارب.

" أهمّ الزّجاجيات المستعملة في تحضير المحاليل المائيّة و أجهزة قياس المقادير الفيزيائيّة "

أنبوب اختبار	بيشر	إرلنمير	حوجلة
مخبار مدرّج	دورق	سحاحة مدرّجة	ماصة عيارية
مخلاط مغناطيسي	حامل	جهاز قياس النّاقلية	إجاصة مـصّ

المدّة: 01h	المتابعة الزمنيّة لتحوّل كيميائي بواسطة: **المعايرة اللّونية**	**التمرين التجريبي رقم 1**




يُنمذج التّحول الكيميائي الذي يحدث بين شوارد البيروكسوديكبريتات ($S_2O_8^{2-}$) و شوارد اليود (I^-) في الوسط المائي بتفاعل تامّ معادلته:

$$S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} = 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} + I_{2(aq)}$$

I. لدراسة تطور هذا التّفاعل في درجة حرارة ثابتة $\theta = 35°C$ بدلالة الزّمن، نمزج في اللّحظة $t=0$ حجما $V_1=100$ mL من محلول مائي لبيروكسوديكبريتات البوتاسيوم ($2K^++S_2O_8^{2-}$) تركيزه المولي $C_1=4\times10^{-2}$ mol/L مع حجم $V_2=100$ mL من محلول مائي ليود البوتاسيوم (K^++I^-) تركيزه المولي $C_2=8\times10^{-2}$ mol/L.

1/ أُكتب المعادلتين النّصفيتين ثم استنتج الثّنائيتين الدّاخلتين في التّفاعل.

2/ أنشيء جدول تقدّم التّفاعل الحادث.

3/ أُكتب عبارة التّركيز المولي $[S_2O_8^{2-}]$ بدلالة: C_1 ، V_1، V_2 و $[I_2]$.

4/ أُحسب قيمة $[S_2O_8^{2-}]_0$ في اللّحظة $t=0$ لحظة انطلاق التّفاعل بين شوارد $S_2O_8^{2-}$ و I^- (في المزيج التّفاعلي).

II. لمتابعة التّركيز المولي لثنائي اليود المتشكل بدلالة الزّمن.نأخذ في أزمنة مختلفة t_1, t_2, t_3..... عينات من المزيج حجم كلّ عيّنة $V_0=10$ mL و نبرّدها مباشرة بالماء البارد و الجليد و بعدها نُعاير ثُنائي اليود المتشكل بواسطة محلول مائي لثيوكبريتات الصّوديوم ($2Na^++S_2O_3^{2-}$) تركيزه المولي $C'=1{,}5\times10^{-2}$ mol.L^{-1} بعد إضافة صمغ النّشاء في البيشر و في كلّ مرّة نسجّل V' حجم محلول ثيوكبريتات الصّوديوم اللاّزم لاختفاء ثنائي اليود فنحصل على جدول القياسات التّالي:

t(min)	0	5	10	15	20	30	45	60
V′(mL)	0	4,0	6,7	8,7	10,4	13,1	15,3	16,7
$[I_2]$ (mmol.L^{-1})								

أ/ لماذا تُبرّد العينات مباشرة بعد فصلها عن المزيج؟

ب/ ماهو الهدف من إضافة صمغ النّشاء؟

جـ/ في تفاعل المعايرة تتدخل الثّنائيتان: $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$ و I_2/I^-

أُكتب المعادلة الإجمالية لتفاعل الأكسدة-إرجاع الحاصل بين الثّنائيتين.

د/ سمّ بيانات البروتوكول التّجريبي ثم اشرح في بضعة أسطر مراحل تجربة المعايرة اللّوني.

هـ/ بيّن مستعينا بجدول التقدّم لتفاعل المعايرة أنّ التّركيز المولي لثنائي اليود في العينة عند نقطة التّكافؤ يُعطى بالعلاقة:

$$[I_2] = \frac{1}{2} \times \frac{C' \times V'}{V_0}$$

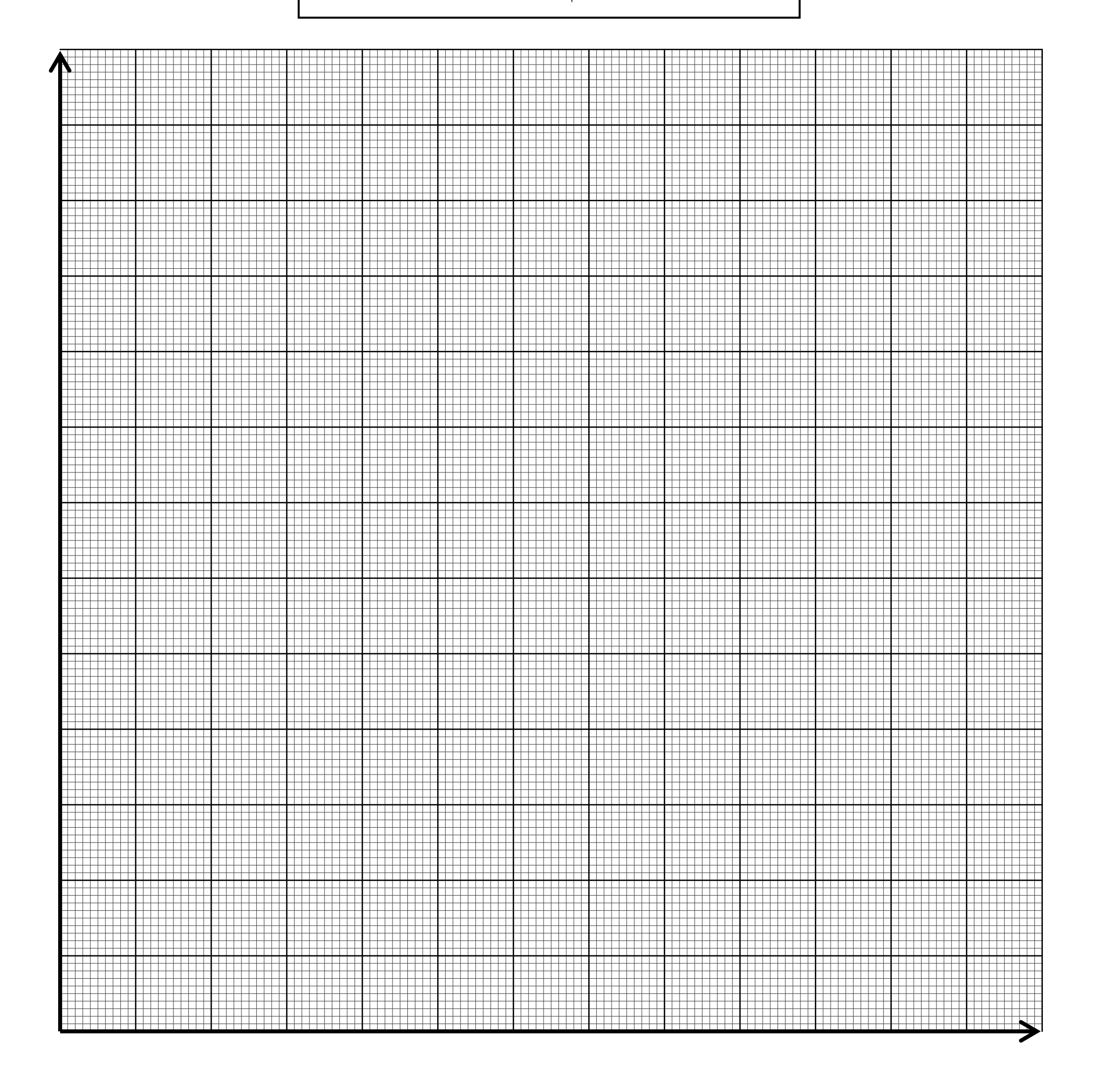
و/ أكمل جدول القياسات ثمّ ارسم البيان $[I_2] = f(t)$.

ي/ استنتج زمن نصف التّفاعل $t_{1/2}$ من البيان ثم اذكر أهميّته؟

ك/ أحسب بيانيّا السّرعة الحجميّة للتّفاعل في اللّحظة t=20min.

م/ فسّر مجهريّا كيف يتطوّر التّفاعل عند تغيير درجة الحرارة حيث، $\theta' = 20°C$ و $\theta'' = 55°C$ (مثّل هذا التطوّر في البيان).كيف نُسمّي إذن درجة الحرارة؟

ورق ملميتري لرسم البيان $[I_2] = f(t)$



التمرين التّجريبي رقم 2



المتابعة الزمنيّة لتحوّل كيميائي بواسطة:
قياس النّاقلية النّوعية σ أو النّاقلية G

المدّة: 1h

وضعنا في بيشر $V_0=250\ mL$ من مادّة مطهّرة تحتوي على ثُنائي اليُود I_2 بتركيز مولي $C_0=2,0\times10^{-2}\ mol.L^{-1}$ ثُمّ أضفنا له عند درجة حرارة ثابتة، قطعة من معدن الزّنك Zn كتلتها $m=500\ mg$.

التّحول الكيميائي البطيء و التّام الحادث بين ثُنائي اليود و الزّنك يُنمذج بتفاعل كيميائي معادلته:

$$Zn_{(s)} + I_{2(aq)} = Zn^{2+}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)}$$

مُتابعة التحوّل عن طريق قياس النّاقلية النّوعية σ للمزيج التّفاعلي في لحظات زمنية مختلفة مكنتنا من الحصول على جدول القياسات التّالي:

$t(\times10^2 s)$	0	1	2	4	6	8	10	12	14	16
$\sigma(S.m^{-1})$	0	0,18	0,26	0,38	0,45	0,49	0,50	0,51	0,52	0,52
$x(mmol)$										

1/ اشرح لماذا يمكن متابعة هذا التحوّل عن طريق قياس النّاقلية النّوعية.

2/ فسّر سبب زيادة النّاقلية النّوعية مع مرور الزّمن.

3/ سمّ بيانات البروتوكول التّجريبي.

4/ أ- أنجز جدول لتقدّم التّفاعل الحادث.

ب- استنتج قيمة x_f.

5/ أ- أُكتب عبارة النّاقلية النّوعية σ للمزيج التّفاعلي بدلالة التقدّم x.

ب- بيّن أنّ : $x = \frac{x_f}{\sigma_f}\times\sigma$

جـ- أكمل الجدول السّابق.

د- أُرسم المنحنى $x = f(t)$.

و- استنتج قيمة النّاقلية G عند اللّحظة $t=1600\ s$،

إذا علمت أنّ مساحة أحد اللّبوسين $S=10\ cm^2$ و البعد بينهما $L=2\ cm$.

6/أ- عرّف زمن نصف التّفاعل $t_{1/2}$ ثمّ عيّن قيمته.

ب- جد قيمة السرعة الحجمية للتفاعل في اللّحظتين $t=400\ s$ و $t=1000\ s$.

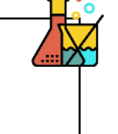
جـ- فسّر مجهريّا تطوّر السّرعة الحجمية للتّفاعل.

تُعطى:

$M(Zn) = 65,4\ g.mol^{-1}$ $\lambda_{I^-} = 7,70\ mS.m^2.mol^{-1}$ $\lambda_{Zn^{2+}} = 10,56\ mS.m^2.mol^{-1}$

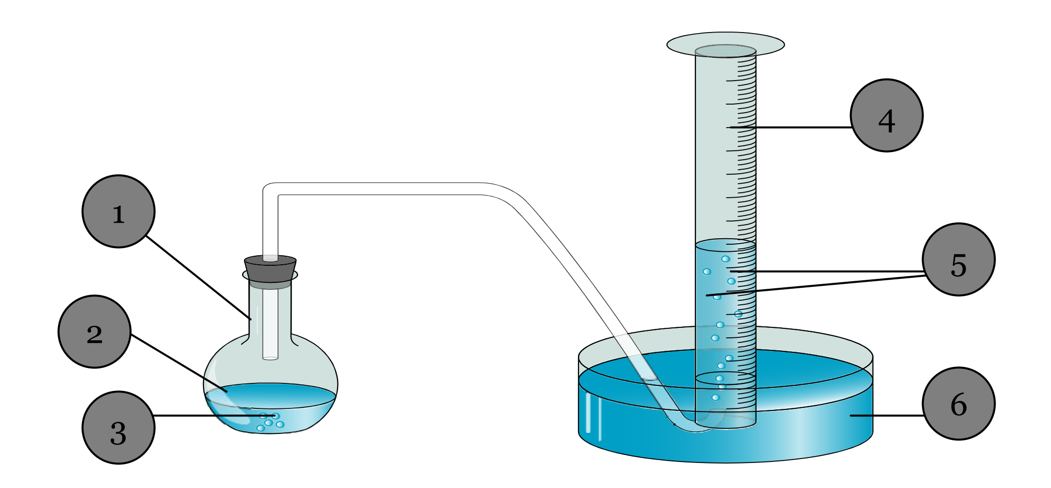
ورق ملميتري لرسم البيان $x = f(t)$

التمرين التّجريبي رقم 3	المتابعة الزمنيّة لتحوّل كيميائي بواسطة: قياس حجم غاز V_{gaz}	المدّة: 1h





في حصّة الأعمال المخبرية، أراد فوج من التّلاميذ دراسة التحوّل الكيميائي الذي يحدث للجُملة (مغنزيوم صلب + محلول حمض كلور الماء). فوضع أحد التّلاميذ شريطا من المغنزيوم $Mg_{(s)}$ كتلته m=36 mg في دورق، ثمّ أضاف إليه محلولا لحمض كلور الماء بزيادة، حجمُه V=30mL تركيزه المولي C=0.5 mol/L، و سدّ الدّورق بعد أن أوصلهُ بتجهيز يسمح بحجز الغاز المنطلق و قياس حجمه من لحظة لأخرى.



1/ سمّ بيانات البروتوكول التّجريبي، مع شرح الطّريقة التي تسمح للتلاميذ بحجز الغاز المنطلق، وقياس حجمه و الكشف عنه.

2/ أُكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للتحوّل الكيميائي التّام الحادث في الدّورق علما أنّ الثنائيتين المشاركتين هما، (Mg^{2+}/Mg) و (H^{+}/H_2)

3/ يُمثّل الجدول التّالي نتائج القياسات التي تحصّل عليها الفوج:

t(min)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
V_{H_2}(mL)	0	12,0	19,2	25,2	28,8	32,4	34,8	36,0	37,2	37,2
x(mol)										

أ- مثّل جدول التقدّم ثمّ استنتج قيم تقدّم التّفاعل x في الأزمنة المبينة في الجدول.

ب- املأ الجدول ثمّ مثّل البيان $x = f(t)$ بسلّم مناسب.

جـ- أُحسب قيمة سرعة تشكّل غاز الهيدروجين H_2 في اللّحظتين، t=4 min و t=12 min.

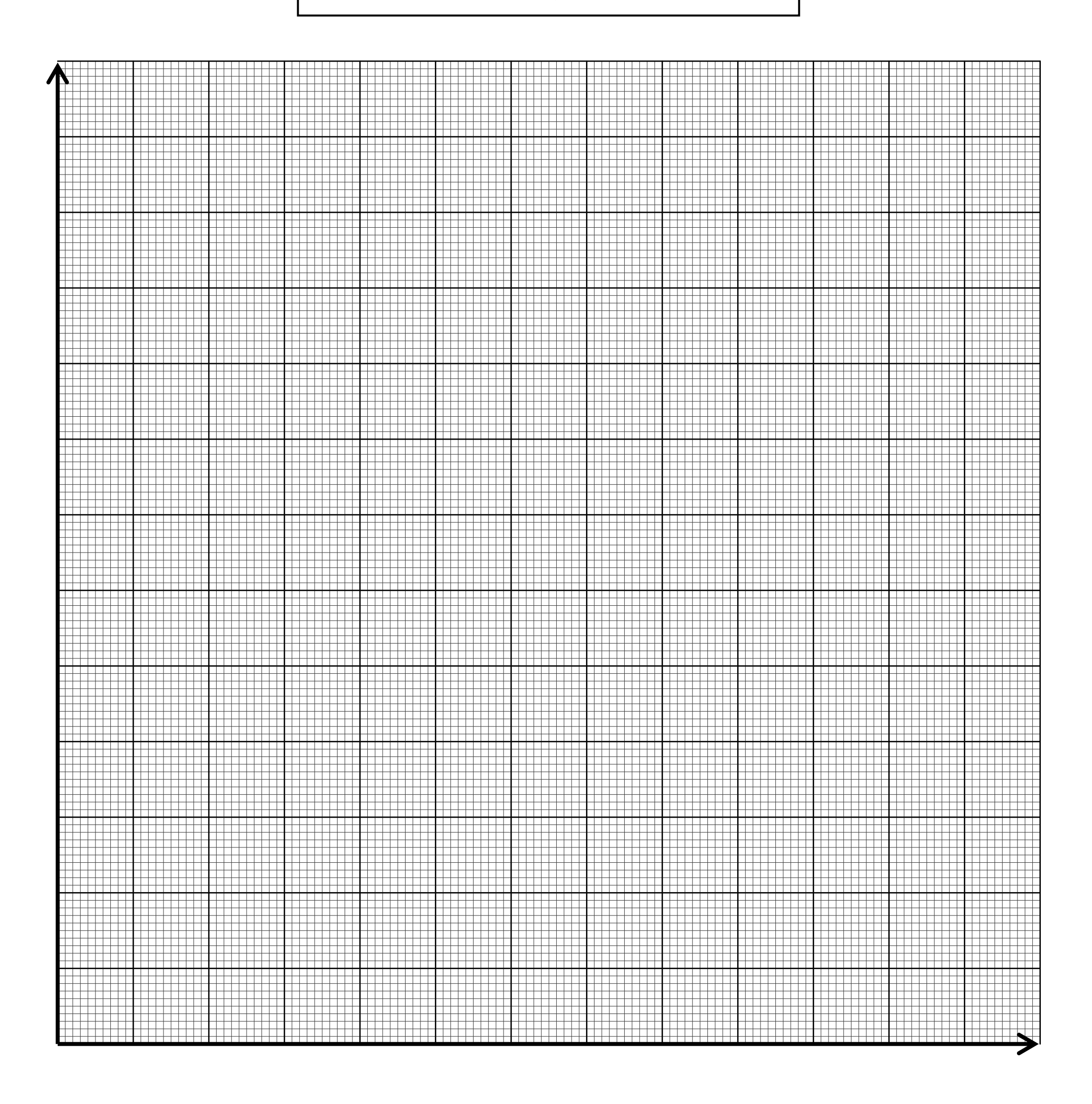
كيف تتطور هذه السرعة مع الزّمن؟علّل.

4/ أ- أُحسب التقدّم النّهائي x_f، ثم استنتج المتفاعل المحدّ.

ب- عرّف زمن نصف التّفاعل $t_{1/2}$ ثم أوجد قيمته بيانيّا.

تُعطى: M(Mg)=24 g/mol

ورق ملميتري لرسم البيان $x = f(t)$

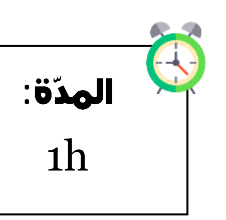




التمرين التّجريبي رقم 4



المتابعة الزمنيّة لتحوّل كيميائي بواسطة: قياس ضغط غاز مثالي + P_{gaz} + التّمديد

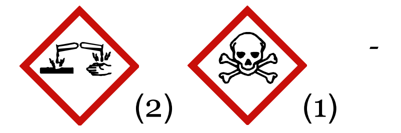


المدّة: 1h

نقرأ على لصيقة قارورة منظف تجاري يحتوي على حمض اللاكتيك ذي الصّيغة الجزيئية $C_3H_6O_3$ المعلومات التّالية:

- الكتلة المولية الجزيئية لحمض اللاكتيك $M(C_3H_6O_3) = 90\ g/mol$

- الكتلة الحجميّة للمنظّف التّجاري $\rho = 1.13\ Kg.L^{-1}$

- 

- يُفرّغ المنظف التّجاري المركّز في الجهاز المراد تنظيفه مع التّسخين.

يُستعمل هذا المنظف لإزالة الطّبقة الكلسية المترسبة على جدران سخان مائي و المشكّلة أساسا من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$.

من أجل دراسة فعالية هذا المنظّف التّجاري، نحقّق التّجربة التّالية:

I. نُحضّر محلولا (S) حجمه V_S=500 mL و تركيزه المولي C_a مخفّفا 100 مرّة، انطلاقا من المنظّف التّجاري الذي تركيزه المولي C_0.

1- ماذا نعني بالرمزين (1) و (2) الموجودين على لصيقة القارورة؟

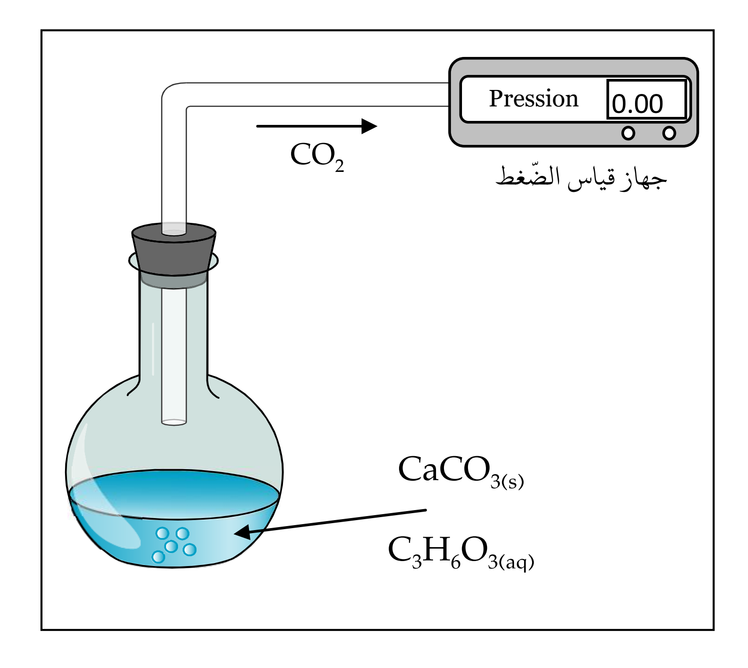
2- ماهو حجم المحلول التّجاري V_0 الواجب استعماله لتحضير المحلول (S)؟

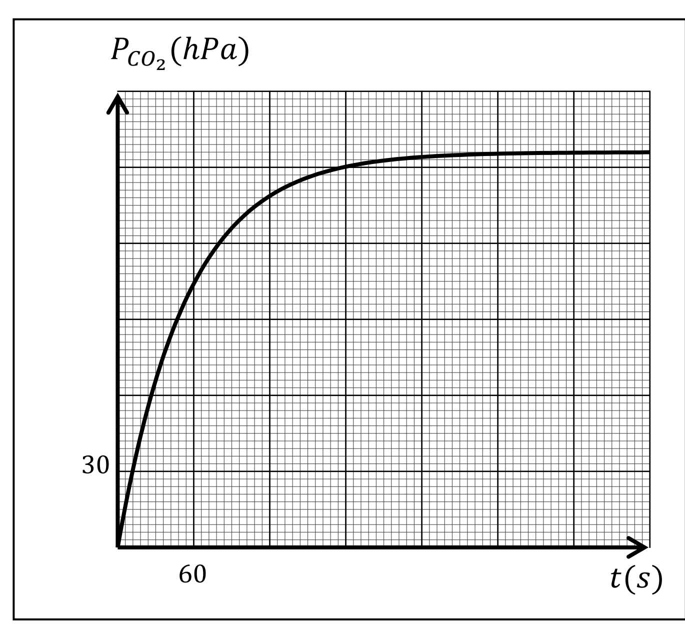
3- اذكر البروتوكول التّجريبي اللازم لتحضير المحلول (S).

II. لدراسة حركية تفاعل حمض اللاكتيك مع كربونات الكالسيوم الصّلبة $CaCO_3$ المنمذج بالمعادلة:

$$CaCO_{3(s)} + 2C_3H_6O_{3(aq)} = CO_{2(g)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2C_3H_5O_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

نُدخل في دورق حجمه V=600 mL الكتلة m=0.3g من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$، و نسكب فيه عند اللّحظة $t=0$ حجما V_a=120 mL من المحلول (S).نقيس في كل لحظة ضغط غاز ثاني أكسيد الفحم $P(CO_2)$ داخل الدّورق عند درجة حرارة ثابتة 25°C، و بواسطة لاقط الضّغط لجهاز EXAO تحصّلنا على البيان الممثل أدناه.





1- في ظروف التجربة يمكن اعتبار غاز CO_2 مثاليّا، بالاعتماد على جدول التقدّم أوجد عبارة التقدّم x(t) للتفاعل عند اللّحظة t بدلالة: V_{CO_2} , T , $P_{CO_2}(t)$, R.

2- حدّد قيمة التقدّم النهائي x_f ، ثمّ أثبت أنّ هذا التّفاعل تامّ.

3- حدّد بيانيا زمن نصف التّفاعل $t_{1/2}$.

4- خلال عملية إزالة الترسبات الكلسية يطلب استعمال المنظّف التجاري مركّزا مع التّسخين،
ماهو أثر هذين العاملين على المدّة الزمنيّة اللاّزمة لإزالة الرّاسب؟ علّل.

تُعطى:

ثابت الغازات المثالية R =8.314 SI $M(CaCO_3) = 100$ g/mol

المدّة: 1h	المتابعة الزمنيّة لتحوّل كيميائي بواسطة: الدّرجة الكلورومترية °Chl	التمرين التّجريبي رقم 5

التسمية العلمية لماء جافيل هي محلول هيبوكلوريت الصّوديوم $(Na^{+}+ClO^{-})$، وهو يملك خواصّ مؤكسدة، مبيّضة، مطهّرة و مزيلة للروائح و يسوّق تجاريّا في شكل سائل، وفق تراكيز مختلفة حسب المجال الذي يستخدم فيه، كما أنه يباع في شكل أقراص صلبة.

نُحضّر ماء جافيل من تفاعل غاز ثنائي الكلور Cl_2 مع محلول هيدروكسيد الصّوديوم $(Na^{+}+OH^{-})$ بتحوّل كيميائي تام يُنمذج بمعادلة التّفاعل التّالية:

$$Cl_{2(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)} = ClO^{-}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

I. تُعرّف الدّرجة الكلورومترية $(°Chl)$ بأنّها توافق عدد لترات غاز ثنائي الكلور في الشّرطين النظاميين اللازم استعمالها لتحضير لتر واحد من ماء جافيل.

1- بين أنّ: $°Chl = C_0 \times V_M$

الحجم المولي للغاز ← V_M ، التركيز المولي لماء جافيل ← C_0

II. نأخذ العينة (A) من ماء جافيل المحفوظ عند درجة حرارة $20°C$ تركيزه المولي بشوارد الهيبوكلوريت ClO^{-} هو C_0. و نمدّدها 4 مرّات ليصبح تركيزه المولي C_1، نأخذ منها حجما $V_1=2mL$ و نضيف إليها كميّة كافية من يود البوتاسيوم $(K^{+}+I^{-})$ في وسط حمضي، فيتشكّل ثنائي اليود I_2 وفق تفاعل تام يُنمذج بالمعادلة التّالية:

$$ClO^{-}_{(aq)} + 2I^{-}_{(aq)} + 2H_3O^{+}_{(aq)} = I_{2(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

نُعاير ثُنائي اليود المتشكّل في نهاية التّفاعل بمحلول ثيوكبريتات الصّوديوم $(2Na^{+}+S_2O_3^{2-})$ تركيزه المولي $C_2=10^{-1}\ mol/L$ بوجود كاشف ملوّن(صمغ النّشاء أو التيودان) فيكون حجم ثيوكبريتات الصّوديوم المضاف عند التّكافؤ $V_E=20mL$.

تُعطى الثّنائيتين (OX/Red) الدّاخلتين في تفاعل المعايرة: (I_2/I^{-}) و $(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-})$

1- اكتب المعادلتين النّصفيتين للأكسدة و الإرجاع ثم معادلة التّفاعل أكسدة-إرجاع المنمذج لتحوّل المعايرة.

2- بيّن أنّ: $C_1 = \frac{C_2 V_E}{2V_1}$.

3- أُحسب C_1 ثمّ استنتج C_0 و $°Chl$.

III. يتفكّك ماء جافيل ذاتيّا وفق تحوّل تام وبطيء، معادلته الكيميائية:

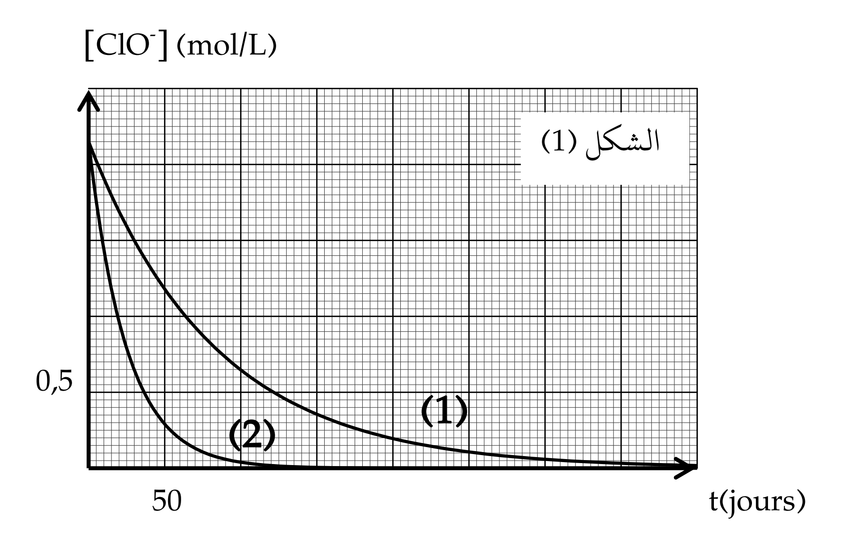
$$2ClO^{-}_{(aq)} = 2Cl^{-}_{(aq)} + O_{2(aq)}$$

يُمثّل الشّكل(1) المنحنيين البيانيين لتغيّرات تركيز شوارد ClO^{-} بدلالة الزّمن النّاتجين عن المتابعة الزّمنية لتطوّر عينتين من ماء جافيل حضّرتا بنفس الدّرجة الكلورومترية للعينة (A) عند درجتي الحرارة $20°C$ بالنّسبة للعينة (1) و $40°C$ بالنّسبة للعينة (2)، العينتان حديثتا الصّنع عند اللّحظة $t=0$.

1- استنتج بيانيا التركيز الابتدائي للعينتين (1) و (2) بالشّوارد ClO^-، هل العينة (A) السّابقة حديثة الصّنع؟

2- اكتب عبارة السّرعة الحجمية لاختفاء شوارد الهيبوكلوريت ClO^-، ثم احسب قيمتها في اللّحظة t=50 j بالنّسبة لكلّ عيّنة، قارن بين القيمتين، ماذا تستنتج؟

3- ماهي النتيجة التي نستخلصها من هذه الدّراسة للحفاظ على ماء جافيل لمدّة أطول؟





المتابعة الزمنيّة لتحوّل كيميائي بواسطة: التفكّك الذاتي للماء الأكسجيني H_2O_2	التمرين التّجريبي رقم 6



المدّة: 1h

يُعرف محلول بيروكسيد الهيدروجين بالماء الأكسجيني، الذي يُستعمل في تطهير الجروح و تنظيف العدسات اللاّصقة و كذلك في التبييض.

يتفكّك الماء الأكسجيني ذاتيّا وفق التفاعل المنمذج بالمعادلة الكيميائية التّالية:

$$H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + 2O_{2(aq)}$$

I. اقترُح على التّلاميذ في حصّة الأعمال التطبيقية دراسة حركية التحوّل السابق. حيث وضع الأستاذ في متناولهم المواد و الوسائل التّالية:

- قارورة تحتوي على 500mL من الماء الأكسجيني S_0 منتج حديثا كُتب عليها ماء أكسجيني 10V حيث كل 1L من الماء الأكسجيني يحرّر 10L من غاز ثنائي الأكسجين في الشّرطين النّظاميين (الحجم المولي V_M=22,4 L/mol).
- الزجاجيات:
  *حوجلات عيارية: 50mL، 100mL، 200mL، 250mL.
  *ماصات عيارية: 1mL، 5mL، 10mL و إجاصّة مصّ.
  *سحاحة مدرّجة سعتها 50mL .
  *بيشر سعتُه 250mL.
- قارورة محلول برمنغنات البوتاسيوم مُحضّر حديثا تركيزه المولي بشوارد البرمنغنات MnO_4^- $C'=2,0\times10^{-3}$ mol/L.
- ماء مُقطّر.
- قارورة حمض الكبريت المركّز 98%.
- حامل.

قام الأستاذ بتفويج التلاميذ إلى أربع مجموعات مُصغّرة (A , B , C , D) ثم طلب منهم القيام بمايلي:

أوّلا: تحضير محلول S بحجم 200mL أي بتمديد عينة من المحلول S_0 40 مرّة.

1- ضع بروتوكولا تجريبيا لتحضير المحلول S.

2- أنشئ جدول التقدّم (تفكك الماء الأكسجيني)

3- أُحسب التركيز المولي للمحلول S_0 ثم استنتج التركيز المولي للمحلول S.

ثانيا: تأخُذ كل مجموعة حجما من المحلول S، و تضيف إليه حجما معيّنا من محلول يحتوي على شوارد الحديد الثّلاثي (Fe^{3+}) كوسيط وفق الجدول التّالي:

رمز المجموعة	A	B	C	D
حجم الوسيط المضاف بـ mL	1	5	0	2
حجم H_2O_2 بـ mL	49	45	50	48
حجم الوسط التّفاعلي بـ mL	50	50	50	50

1- ما دور الوسيط؟ ما نوع الوساطة؟

2- تأخذ كل مجموعة، في لحظات زمنيّة مختلفة حجما مقداره 10mL من الوسط التّفاعلي الخاصّ بها و يُوضع في الماء البارد و الجليد و تُجرى له عمليّة المعايرة بمحلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^{+}+MnO_4^{-})$ المحمّضة (بإضافة قطرات من حمض الكبريت المركّز H_2SO_4).

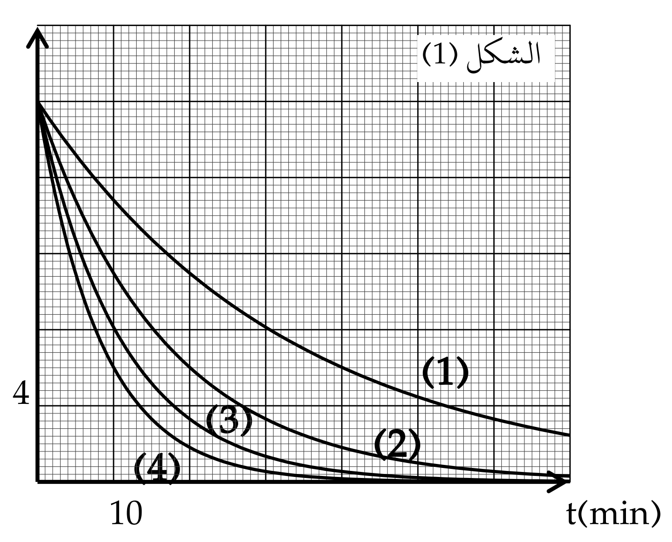
- ما الغرض من استعمال الماء البارد و الجليد؟

سمحت عمليّات المُعايرة برسم المنحنيات البيانية الموضّحة في الشّكل (1).

أ- حدّد البيان الخاصّ بكل مجموعة.

ب- أوجد من البيان التّركيز المولي للمحلول المُعايَر S، ثمّ استنتج التّركيز المولي للمحلول S_0.

جـ- هل النّتائج المتوصّل إليها مُتطابقة مع ماهو مُسجّل على القارورة؟





الوحدة (2): التحوّلات النّووية – الجزء 1

قائمة المفاتيح

- تركيب نواة الذّرة
- دراسة الجُسيمات
- النّشاط الإشعاعي
- مخطّط سوقري - *Segré*
- قانون التّناقص الإشعاعي
- زمن نصف العمر $t_{1/2}$
- ثابت الزّمن τ
- ثابت التفكّك λ
- قانون النّشاط الإشعاعي
- علاقة كتلة عيّنة بعدد الأنوية
- التأريخ بالإشعاع

ملحق مرافق

- تركيب نواة الهيليوم $^{4}_{2}He$
- شرح التّفككات و مخاطرها
- مقتطف من مخطط سوقري
- الفرق بين $t_{1/2}$ و τ
- دراسة النّشاط الإشعاعي لعيّنة
- دور النّشاط الإشعاعي في الطبّ
- استغلال البيانات و إيجاد الثّوابت



مفاتيح الإجابة عن أسئلة الوحدة الثانية

"الـــــتّحـوّلات الـنّوويّـــــة"



المفتاح الأوّل:

"تركيب نواة الذرّة"

⭐ تتركّب النّواة من جسيمات تُدعى النّكليونات، و هي:

1. بروتونات (Protons)
2. نترونات (Neutrnos)



⭐ و يُرمز للنّواة:

$${}^{A}_{Z}X$$

A	العدد الكتلي (عدد النكليونات).
Z	عدد البروتونات (العدد الذرّي أو الشحني).
N	عدد النترونات N=A-Z.

التّدريب (1)		
*أعط تركيب كل نواة:		
	${}^{23}_{11}Na$	${}^{16}_{8}O$
A		
Z		
N		

"الـــــنّـــــظـــــائـــــر"

⭐ هي أنوية تشترك في العدد الشّحني Z و تختلف في العدد الكتلي A (أي تختلف في عدد النّترونات N).

التّدريب (2)
كيف نُسمّي مجموعة الأنوية التّالية؟علّل.
$\{{}^{1}_{1}H\ ;\ {}^{2}_{1}H\ ;\ {}^{3}_{1}H\}$



المفتاح الثّاني:

"دراسة الجُسيمات"

الجسيم	الكتلة (Kg)	الشحنة (C)
البروتون ${}^{1}_{1}p$	$1,673 \times 10^{-27}$	$+1,602 \times 10^{-19}$
النترون ${}^{1}_{0}n$	$1,675 \times 10^{-27}$	0
الإلكترون ${}^{0}_{-1}e$	$9,1 \times 10^{-31}$	$-1,602 \times 10^{-19}$
البوزيتون ${}^{0}_{+1}e$	$9,1 \times 10^{-31}$	$+1,602 \times 10^{-19}$

⭐ ينبعث البوزيتون ${}^{0}_{+1}e$ في حالة تحوّل البروتونات إلى نترونات:

$${}^{1}_{1}p \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e$$

⭐ ينبعث الإلكترون ${}^{0}_{-1}e$ في حالة تحوّل النترونات إلى بروتونات:

$${}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$$



المفتاح الثّالث:

"النّشاط الإشعاعي"

⭐ النّواة النّشيطة إشعاعيا هي نواة غير مستقرّة (مُشعّة)، و هي نواة تتفكك تلقائيّا، عشوائيّا، حتميّا بواسطة تحوّل نووي لإعطاء نواة أكثر استقرار.

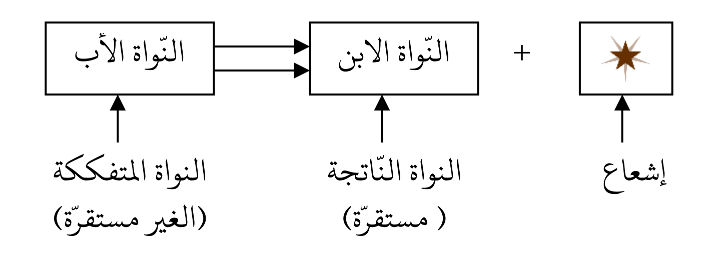
⭐ أثناء هذا التحوّل تُصدر النّواة إشعاعات أهمها:

1. إشعاع α
2. إشعاع β^{-}
3. إشعاع β^{+}
4. إشعاع γ

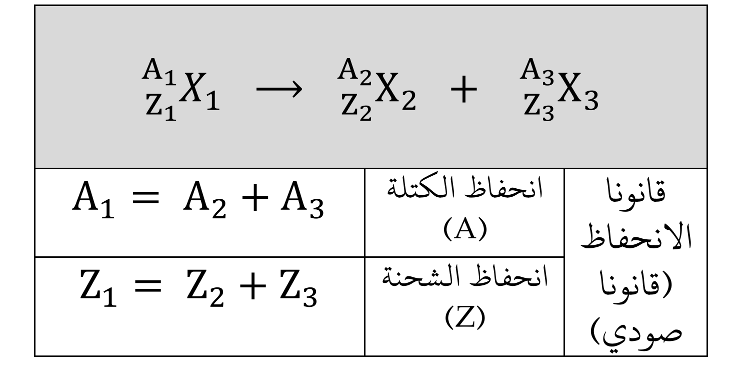
نُسمّي النّواة المتفكّكة : النّواة الأب.(النّواة الأم)

نُسمّي النّواة النّاتجة: النّواة الابن.(النّواة البنت)

آلية التحوّل النّووي (النّشاط الإشعاعي)



معادلة التحوّل النّووي (التفكك النّووي)



$${}^{A_1}_{Z_1}X_1 \longrightarrow {}^{A_2}_{Z_2}X_2 + {}^{A_3}_{Z_3}X_3$$

قانونا الانحفاظ (قانونا صودي)	انحفاظ الكتلة (A)	$A_1 = A_2 + A_3$
	انحفاظ الشحنة (Z)	$Z_1 = Z_2 + Z_3$

⭐ و أهمّ الإشعاعات التي سندرُسها، هي:

1 إشعاع α (فائض في النكليونات)

تعريفهُ	عبارة عن أنوية الهيليوم ${}^{4}_{2}He$.
شرح الآلية	في التفكك α تفقد النّواة 2p و 2n.
مثال	${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}Th + {}^{4}_{2}He$ حسب قانونا صودي: انحفاظ A: $238 = A + 4$ $\Rightarrow A = 234$ انحفاظ Z: $92 = Z + 2$ $\Rightarrow Z = 90$

2 إشعاع β^- (فائض في النترونات)

تعريفهُ	عبارة عن إلكترون ${}^{0}_{-1}e$.
شرح الآلية	في التفكك β^- يتحوّل n إلى p. ${}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$
مثال	${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{A}_{Z}N + {}^{0}_{-1}e$ حسب قانونا صودي: انحفاظ A: $14 = A + 0$ $\Rightarrow A = 14$ انحفاظ Z: $6 = Z - 1$ $\Rightarrow Z = 7$

3 إشعاع β^+ (فائض في البروتونات)

تعريفهُ	عبارة عن بوزيتون ${}^{0}_{+1}e$.
شرح الآلية	في التفكك β^+ يتحوّل p إلى n. ${}^{1}_{1}p \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e$
مثال	${}^{12}_{7}N \rightarrow {}^{A}_{Z}C + {}^{0}_{+1}e$ حسب قانونا صودي: انحفاظ A: $12 = A + 0$ $\Rightarrow A = 12$ انحفاظ Z: $7 = Z + 1$ $\Rightarrow Z = 6$

4 إشعاع γ (نواة ابن مثارة طاقويّا)

تعريفهُ	هو إشعاع (أمواج كهرومغناطيسية) يُرافق عادة اللإشعاعات السّابقة α, β^-, β^+، بحيث تكون النّواة النّاتجة عن هذه الإشعاعات مُثارة طاقويّا(*) فتُشعّ γ لتتخلّص من الطّاقة الزّائدة و تستقرّ.
مثال	${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{A}_{Z}N^* + {}^{0}_{-1}e$ حسب قانونا صودي: انحفاظ A: $14 = A + 0$ $\Rightarrow A = 14$ انحفاظ Z: $6 = Z - 1$ $\Rightarrow Z = 7$ ثم نكتب : ${}^{14}_{7}N^* \rightarrow {}^{14}_{7}N + \gamma$ أو نكتب مباشرة مايلي: ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + \gamma$

التّدريب (3)

* أحسب قيمة A و Z، حيث:

$${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{A}_{Z}Pb + \alpha$$

* حدّد نمط الإشعاع؟

$${}^{40}_{19}K \rightarrow {}^{40}_{20}Ca^* + {}^{A}_{Z}X$$

* كيف تتخلّص نواة الكالسيوم من الإثارة الطّاقوية؟

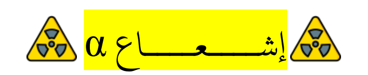
المفتاح الرّابع:

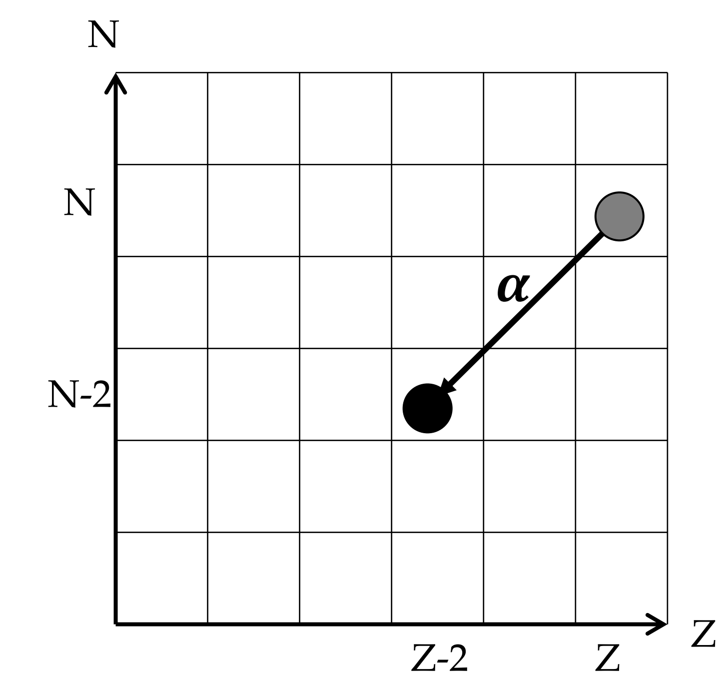
"مُخطّط سوقري - Segré"

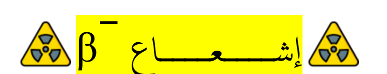
- يُسمّى مخطّط Segré كذلك بمخطط (N,Z) أو (Z,N):
  - محور الفواصل يمثّل عدد البروتونات (Z).
  - محور التراتيب يُمثّل عدد النّترونات (N).
- مخطّط Segré يمكّننا من معرفة الأنوية المستقرّة (الغير مُشعّة) و الأنوية الغير مستقرة (المُشعّة)، حيث:
  - تتوضّع الأنوية المُستقرة (N=Z) على واد الاستقرار.
  - تتوضّع الأنوية الغير مستقرّة على جانبي واد الاستقرار.
- و كما نعلم لتستقرّ النّواة لابدّ أن تُصدر إشعاعات بعضها يكون مُتسلسل حتّى تصل لواد الاستقرار، حيث:

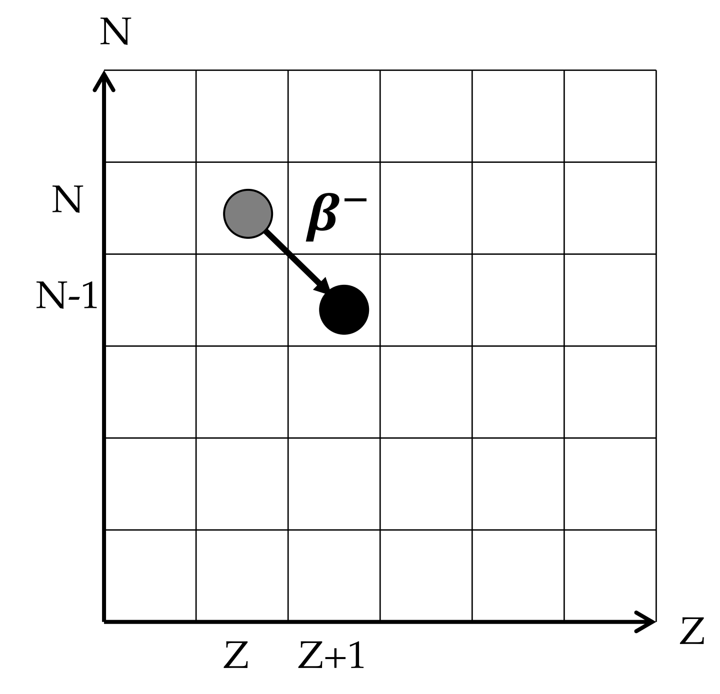
1. الأنوية التي عدد نكليوناتها مرتفع تُشعّ α.
2. الأنوية التي عدد نتروناتها مرتفع تُشعّ β^-.
3. الأنوية التي عدد بروتوناتها مرتفع تُشعّ β^+.

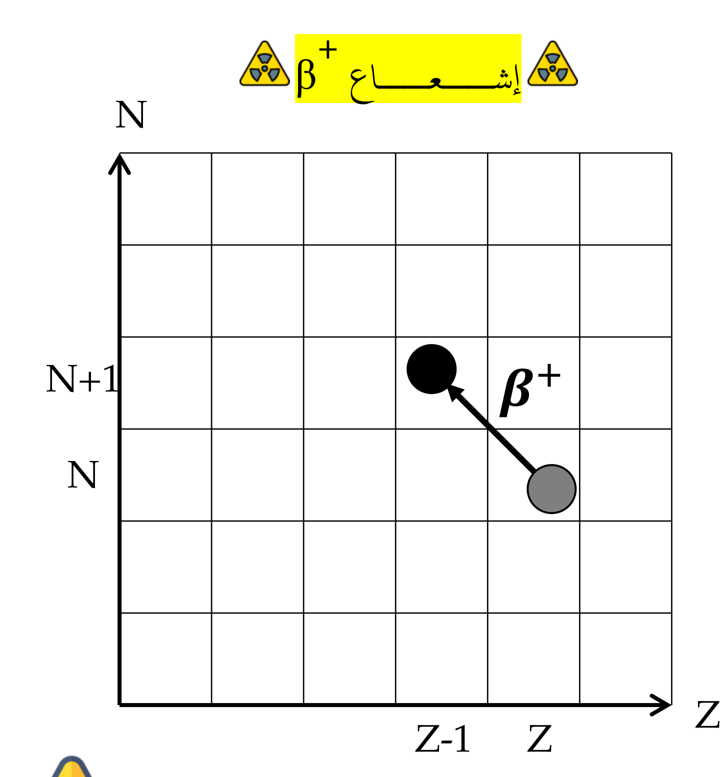
- نُفسّر هذه الإشعاعات انطلاقا من مخطّط Segré:





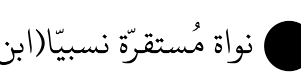


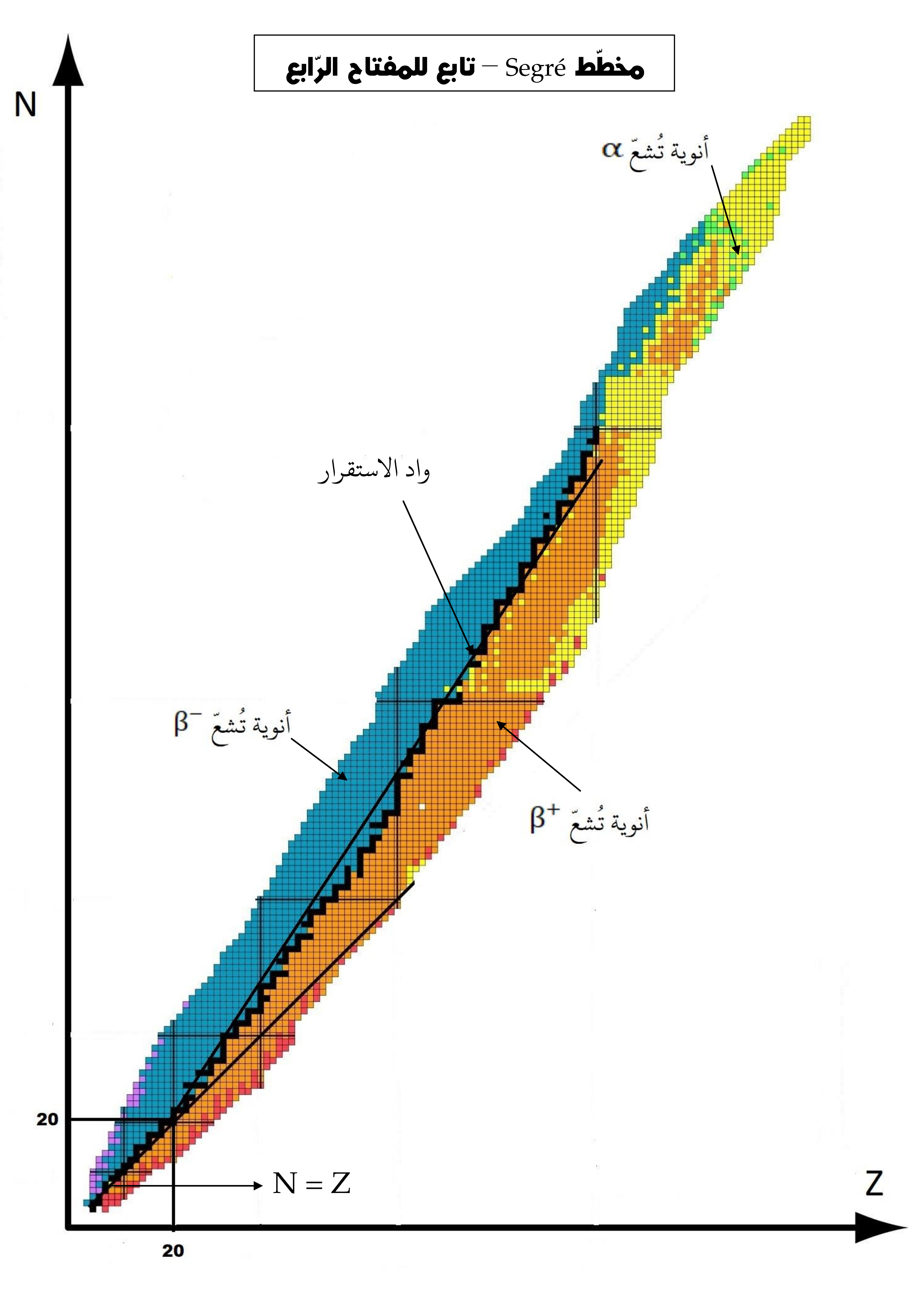




تذكير:

- إشعاع α: تفقد النّواة 2p و 2n.
- إشعاع β^-: يتحوّل n إلى p.
- إشعاع β^+: يتحوّل p إلى n.

نواة مُشعّة(الأب)  نواة مُستقرّة نسبيّا(ابن)



مخطّط Segré – تابع للمفتاح الرّابع
N
أنوية تُشعّ α
واد الاستقرار
أنوية تُشعّ β^-
أنوية تُشعّ β^+
20
N = Z
Z
20

التّدريب (4)

1- عرّف مايلي:

- إشعاع α، β^-، β^+، γ.
- النظائر.
- النّواة المُشعة.
- العائلة المُشعّة.

2- ماهي خصائص النّشاط الإشعاعي؟

3- أوجد تركيب الأنوية التّالية:

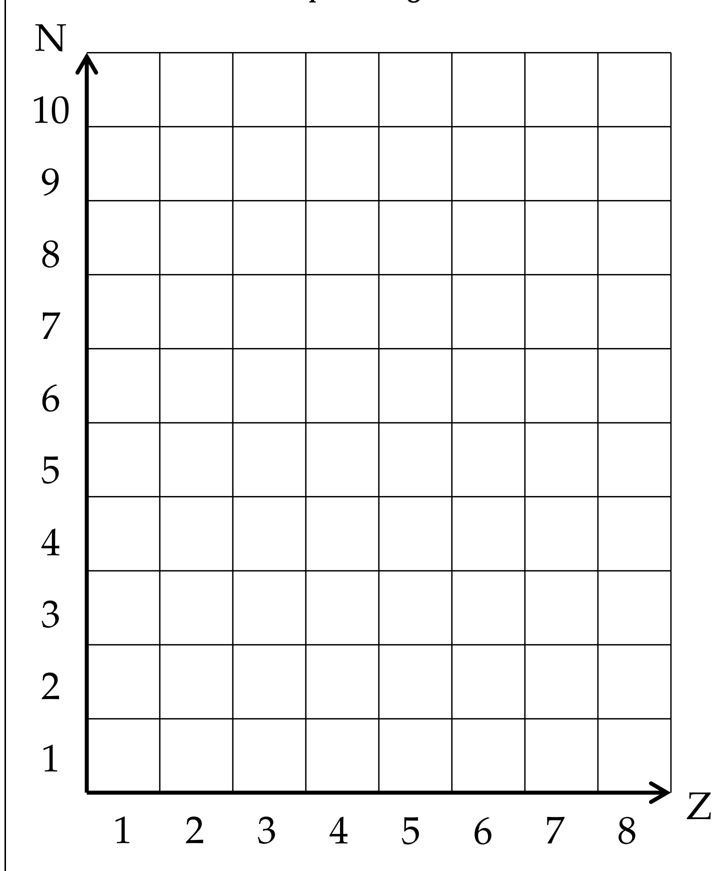
$^{235}_{92}\mathrm{U},\ ^{87}_{37}Rb$

4- أملأ الأنوية التّالية في مُخطّط Segré :

$^{18}_{8}O,\ ^{11}_{6}C,\ ^{16}_{8}O,\ ^{17}_{8}O,\ ^{14}_{7}N,\ ^{13}_{6}C,\ ^{15}_{7}N,\ ^{4}_{2}He,$
$^{9}_{4}Be,\ ^{3}_{2}He,\ ^{11}_{5}B,\ ^{6}_{3}Li,\ ^{2}_{1}H,\ ^{10}_{5}B,\ ^{5}_{3}Li,\ ^{1}_{1}H$

5- أُذكر نمط إشعاع الأنوية التّالية: (بيّن ذلك على المخطط)

$^{10}_{4}Be,\ ^{11}_{6}C$



6- تتفكك نواة النّظير $^{60}_{27}Co$ فينبعث إلكترون $^{0}_{-1}e$.

أ- فسر سبب انبعاث إلكترون من النّواة؟

ب- اعتمادا على السّند الآتي، اكتب معادلة التّفاعل المُنمذجة لتفكك نواة الكوبالت $^{60}_{27}Co$.

$_{25}Mn^*$	$_{26}\mathrm{Fe}^*$	$_{27}\mathrm{Co}^*$	$_{28}\mathrm{Ni}^*$



بطاقة الخواصّ الرّياضية

1 الدالـــــة الأســـيّـــة e^x

$]-\infty\ ;\ +\infty[$

مُشتقة الدّالة الأسية هي: $(e^x)' = e^x$ ، $(e^{f(x)})' = f'(x) \times e^{f(x)}$	$e = e^1 = 2{,}718..$
	$e^0 = 1$
	$e^A \times e^B = e^{A+B}$
مـــثـــال:	$\frac{e^A}{e^B} = e^{A-B}$
$(e^{4x^3})' = (4x^3)' \times e^{4x^3} = 12x^2.e^{4x^3}$	$e^{-A} = \frac{1}{e^A}$
	$\lim_{t\to+\infty} e^t = +\infty$
	$\lim_{t\to-\infty} e^t = 0$
	$\lim_{t\to+\infty} e^{-t} = 0$

2 الدالـــــة اللّــوغاريــتمية lnx

$]0\ ;\ +\infty[$
$ln\,1 = 0$
$ln\,A + lnB = ln(A \times B)$
$ln\left(\frac{A}{B}\right) = ln\,A - ln\,B$
$ln\left(\frac{1}{A}\right) = -\,ln\,A$
$ln\left(\frac{A}{B}\right) = -\,ln\left(\frac{B}{A}\right)$
$ln\,A^n = n.\,lnA$

3 العلاقة بين e^x و lnx

$A = B \Rightarrow e^A = e^B$
$A = B \Rightarrow lnA = lnB$
$e^t = A \Rightarrow lne^t = lnA \Rightarrow t = lnA$
$ln(t) = A \Rightarrow e^{ln(t)} = e^A \Rightarrow t = e^A$

هذه الخواص الرّياضية ستُساعدك كثيرا في استكشاف المفاتيح القادمة. ستكون خريطتُك الأساسية فحافظ عليها.



المفتاح الخامس:

"قانون التّناقص الإشعاعي"

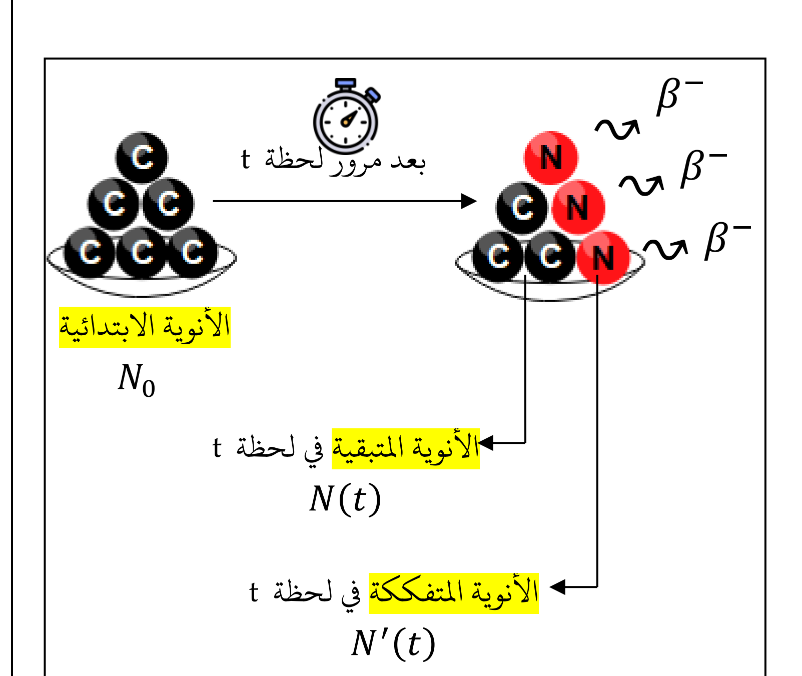
يُعطى قانون التّناقص الإشعاعي بالعبارة التّالية:

$$N(t) = N_0 . e^{-\lambda . t}$$

$N(t)$	عدد الأنوية المتبقيّة في لحظة t.
N_0	عدد الأنوية الابتدائية في لحظة t=0.
t	الزمن بوحدة s أو h أو ans......
λ	ثابت التفكّك بوحدة s^{-1} أو h^{-1} أو ans^{-1}......

دعنا نُبسّط الأمور أكثر، مثلا لدينا أنوية الكربون $^{14}_{6}C$ تتفكك لأنوية الآزوت $^{14}_{7}N$ مُصدرة إشعاع β^- ، حيث:

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e(\beta^-)$$



و منه نستنتج أنّ:

$$N_0 = N(t) + N'(t)$$

التّدريب (5) (البرهان 01)
* بيّن أنّ عبارة الأنوية المتفككة تُعطى: $N'(t) = N_0 . (1 - e^{-\lambda . t})$

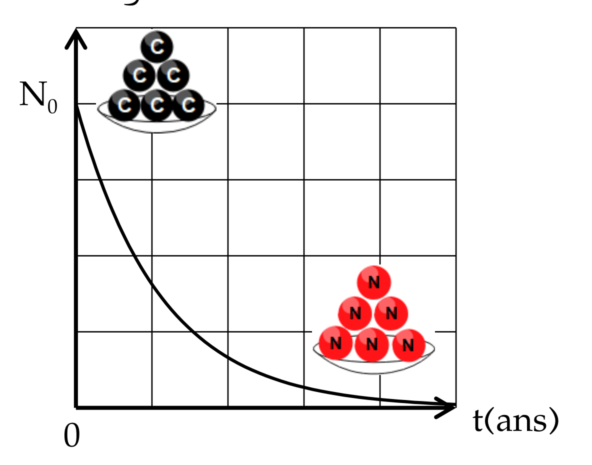
رسم البيان $N = f(t)$:

نعلم أنّ : $N(t) = N_0 . e^{-\lambda . t}$

ومنه:

$$\begin{cases} t = 0 \Rightarrow N(0) = N_0 . e^{-\lambda . 0} = N_0 \\ t = \infty \Rightarrow N(\infty) = N_0 . e^{-\lambda . \infty} = 0 \end{cases}$$

t	0	∞
N(t)	N_0	0



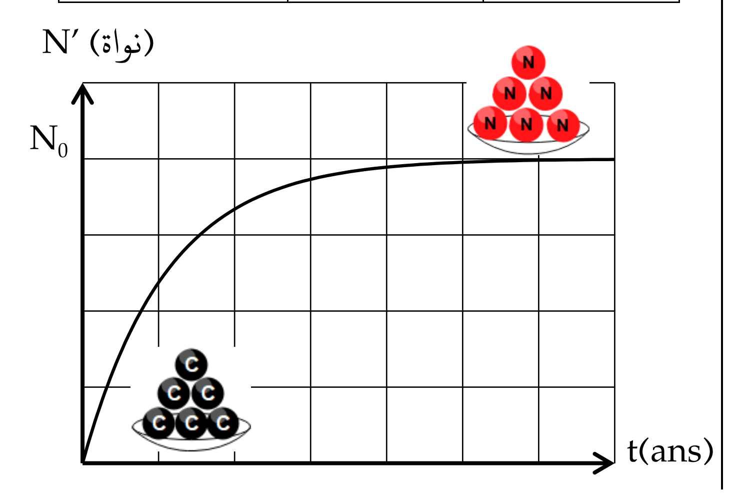
رسم البيان $N' = f(t)$:

نعلم أنّ : $N'(t) = N_0 . (1 - e^{-\lambda t})$

ومنه:

$$\begin{cases} t = 0 \Rightarrow N'(0) = N_0 . (1 - e^{-\lambda . 0}) = 0 \\ t = \infty \Rightarrow N'(\infty) = N_0 . (1 - e^{-\lambda . \infty}) = N_0 \end{cases}$$

t	0	∞
N′(t)	0	N_0



المفتاح السادس:

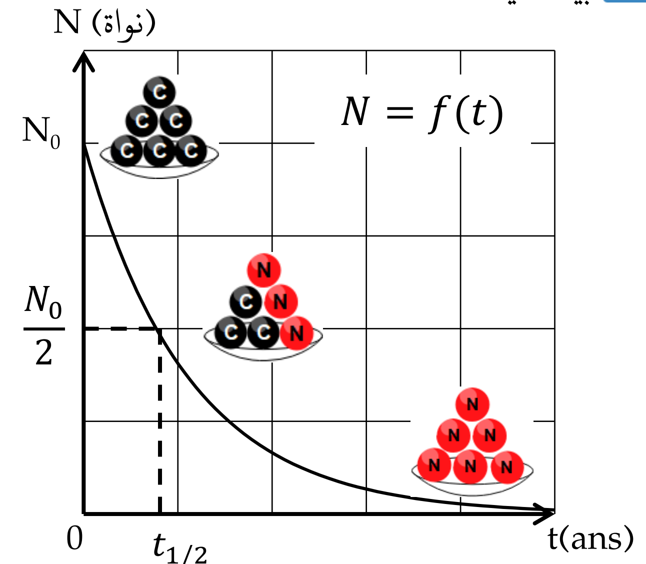
"$t_{1/2}$ زمن نصف العمر"

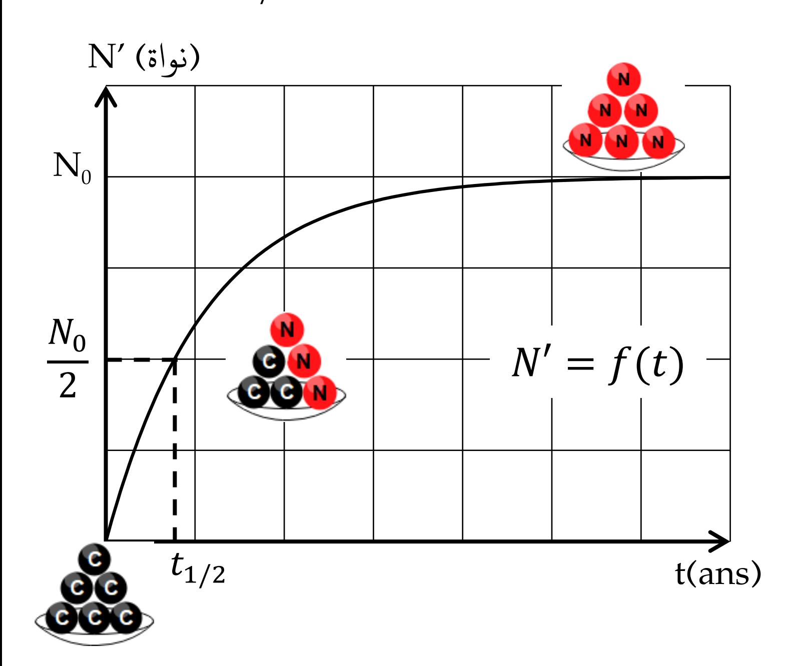
تعريفُهُ: هو الزمن اللازم لتفكّك نصف عدد الأنوية الابتدائية N_0، حيث:

$$t = t_{1/2} \Rightarrow N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

حساب زمن نصف العمر $t_{1/2}$:

1 بيــــانيّــــا:

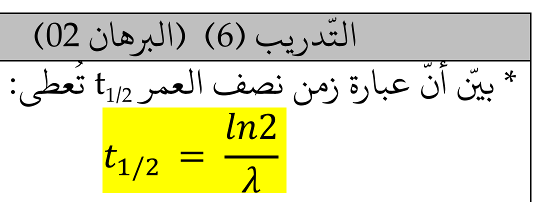




2 حســابـيّا:

$$t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{ln2}{t_{1/2}}$$

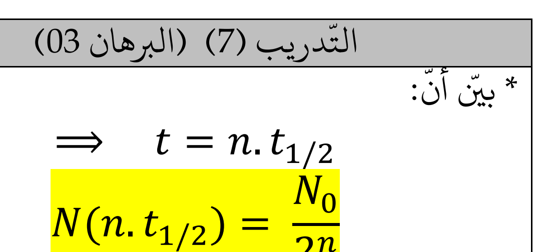
$ln2 = 0{,}693\ldots$



التّدريب (6) (البرهان 02)

* بيّن أنّ عبارة زمن نصف العمر $t_{1/2}$ تُعطى:

$$t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$$

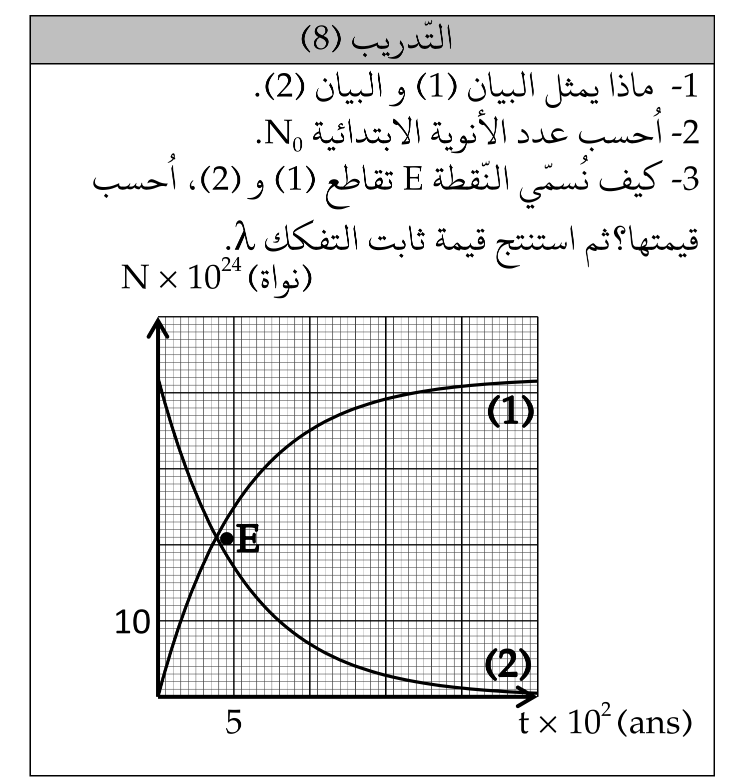


التّدريب (7) (البرهان 03)

* بيّن أنّ:

$$\Rightarrow \quad t = n.t_{1/2}$$

$$N(n.t_{1/2}) = \frac{N_0}{2^n}$$



التّدريب (8)

1- ماذا يمثل البيان (1) و البيان (2).

2- أُحسب عدد الأنوية الابتدائية N_0.

3- كيف نُسمّي النّقطة E تقاطع (1) و (2)، أُحسب قيمتها؟ثم استنتج قيمة ثابت التفكك λ.

المفتاح السابع:

"τ ثابت الزّمن"

تعريفُهُ: هو الزمن اللازم لتفكّك 63% عدد الأنوية الابتدائية N_0 أي لبقاء 37% منها، حيث:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} \Rightarrow \tau = \frac{1}{\lambda}$$

⭐ حسابُه بيانيّا:

يُمكن إيجاد قيمة ثابت الزّمن τ بيانيّا بطريقتين:

1 رسم المماس عند t=0.

2 تعويض $t=\tau$ في معادلة البيان:

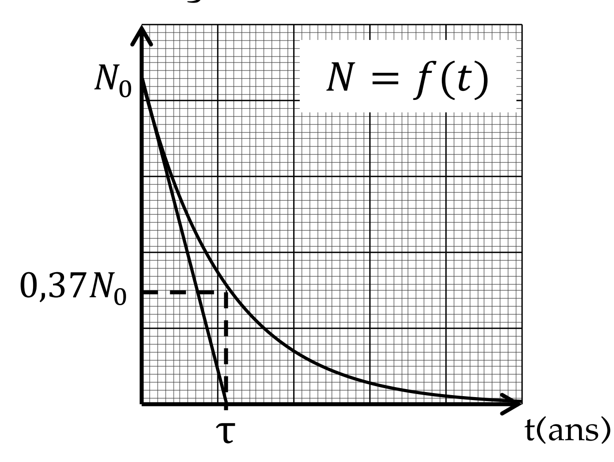
$$N(t) = N_0 . e^{-\lambda . t}$$

$$\Rightarrow N(\tau) = N_0 . e^{-\lambda . \tau}$$

$$\Rightarrow N(\tau) = N_0 . e^{-\lambda . \frac{1}{\lambda}}$$

$$\Rightarrow N(\tau) = N_0 . e^{-1}$$

$$\Rightarrow N(\tau) = 0,37 N_0$$



تعويض $t=\tau$ في معادلة البيان:

$$N'(t) = N_0 . (1 - e^{-\lambda . t})$$

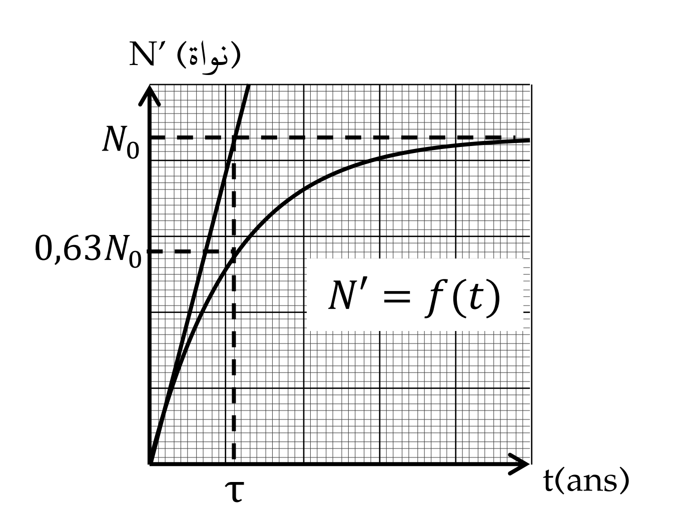
$$\Rightarrow N'(\tau) = N_0 . (1 - e^{-\lambda . \tau})$$

$$\Rightarrow N'(\tau) = N_0 . (1 - e^{-\lambda . \frac{1}{\lambda}})$$

$$\Rightarrow N'(\tau) = N_0 . (1 - e^{-1})$$

$$\Rightarrow N'(\tau) = N_0 . (1 - 0,37)$$

$$\Rightarrow N'(\tau) = 0,63 N_0$$



المفتاح الثّامن:

"ثابت التفكّك λ"

تعريفُه: هو احتمال تفكك نواة واحدة خلال 1 ثانية، حيث:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{ln2}{t_{1/2}}$$

التّدريب (9)

منبع مشع يحتوي على نظير السيزيوم ^{134}Cs المشع لـ β^-.

1- عرف مايلي: النظير المشع، الإشعاع β^-.

2- أُكتب معادلة النّشاط الإشعاعي للسيزيوم ^{134}Cs.

3- استنتج من المنحنى قيمة الأنوية الابتدائية N_0.

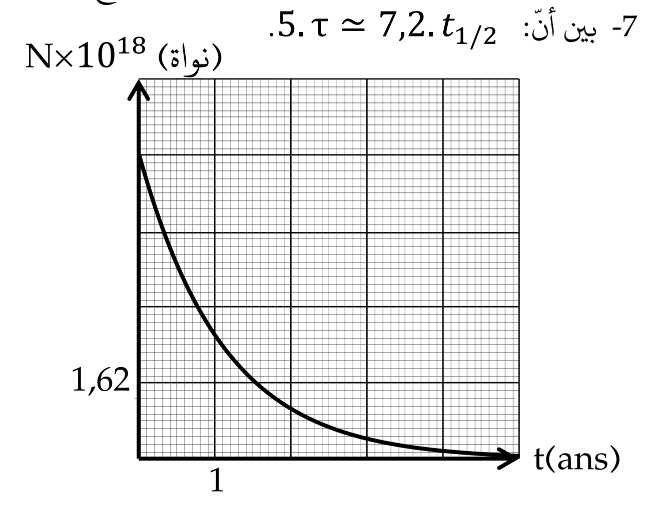
4- أوجد قيمة ثابت الزّمن τ ثمّ استنتج قيمة ثابت النّشاط الإشعاعي λ.

5- بين أنّ عبارة زمن نصف العمر $t_{1/2}$ تُعطى بالعبارة:

$$t_{1/2} = \tau . ln2$$

6- بيّن أنّ: $N(5.\tau) = 0,99.N_0$. ماذا تستنتج؟

7- بين أنّ: $5.\tau \simeq 7,2.t_{1/2}$.



المفتاح التّاسع:

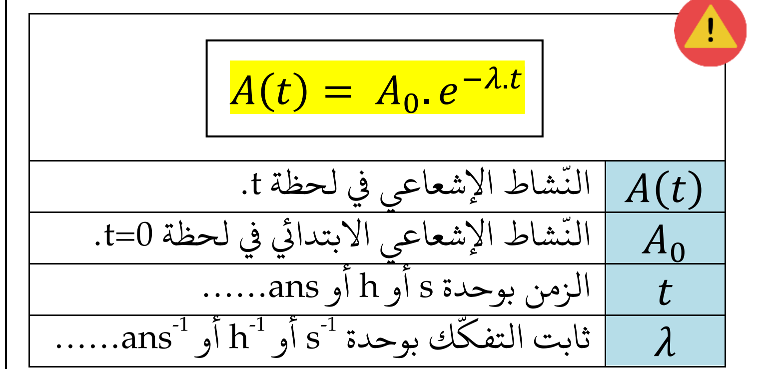
"قانون النّشاط الإشعاعي"

★ تعريفُه: يمثّل عد التفككات خلال 1 ثانية وحدتُه البيكريل (Bq) و جهاز قياسه "عدّاد جيجر"،حيث:

$$A = -\frac{dN}{dt}$$

★ مبدأ عمل عدّاد جيجر: نُقرّب هذا الجهاز من عيّنة مُشعّة (تُشعُّ مثلا α) تُحدثُ هذه الإشعاعات المُنبعثة أصواتا داخل الجهاز، فيعتمدُ حساب عدد هذه الأصوات في تحديد نشاط عيّنة.

★ قانون حساب النّشاط الإشعاعي:



$$A(t) = A_0 . e^{-\lambda . t}$$

$A(t)$	النّشاط الإشعاعي في لحظة t.
A_0	النّشاط الإشعاعي الابتدائي في لحظة t=0.
t	الزمن بوحدة s أو h أو ans......
λ	ثابت التفكّك بوحدة s^{-1} أو h^{-1} أو ans^{-1}......

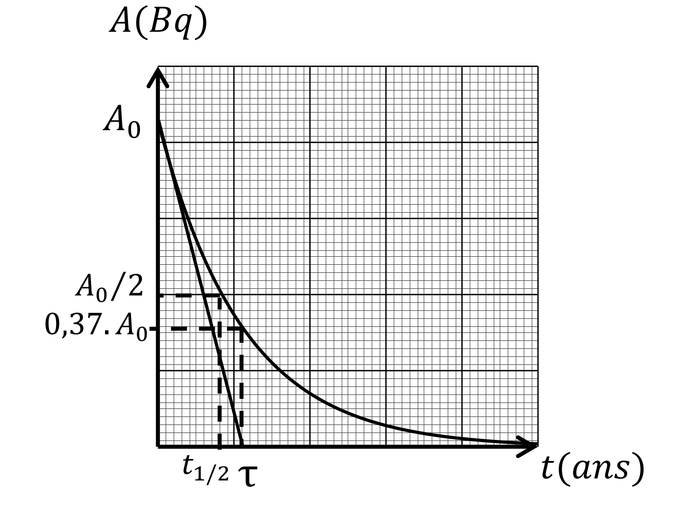
★ كما يُمكن حسابه:

$$A(t) = \lambda . N(t)$$

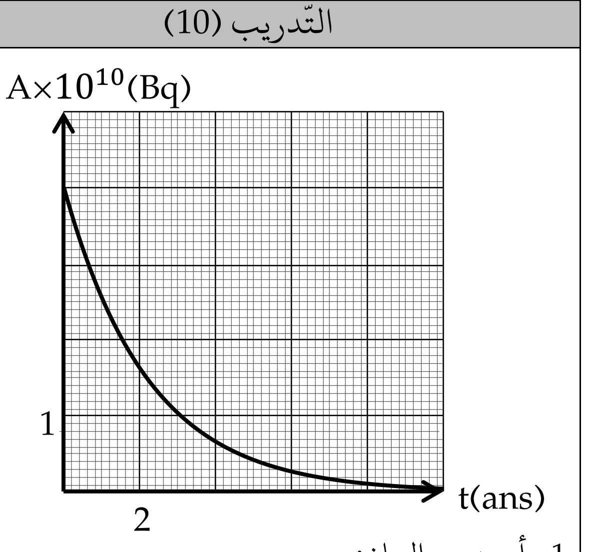
$$A_0 = \lambda . N_0$$

إجباري تحويل λ إلى s^{-1}

★ رسم بيان $A = f(t)$:



التّدريب (10)



1- أوجد من البيان:

* قيمة النّشاط الإشعاعي الابتدائي A_0.
* قيمة $t_{1/2}$.
* عدد الأنوية الابتدائية N_0.
* عدد الأنوية عند اللّحظة t= 1ans.
* احسب التغيّر النّسبي للنشّاط عند اللّحظة t= 1ans.

التّدريب (11) (البرهان) (04)

* بيّن أنّ:

$$A(t) = A_0 . e^{-\lambda . t}$$

تحويلات

$$ans \xrightarrow{\times (365 \times 24 \times 3600)} s$$

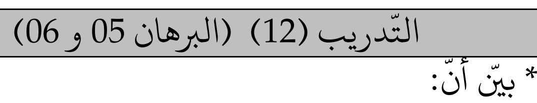
$$ans^{-1} \xrightarrow{\div (365 \times 24 \times 3600)} s^{-1}$$

المفتاح العاشر:

"علاقة كتلة عيّنة (m) بعدد الأنوية N"

$$n = \frac{m(t)}{M} = \frac{N(t)}{N_A}$$

$N(t)$	عدد الأنوية في لحظة t.
N_A	عدد أفوقادرو $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$.
$m(t)$	كتلة عيّنة في لحظة t.
M	الكتلة الموليّة (g/mol). $M = A$



التّدريب (12) (البرهان 05 و 06)

* بيّن أنّ:

$$m(t) = m_0 . e^{-\lambda . t}$$

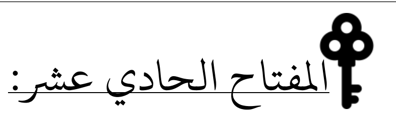
و أنّ:

$$m'(t) = m_0(1 - e^{-\lambda . t})$$

التّدريب (13)

* بيّن أنّ:

$$n(t) = n_0 . e^{-\lambda . t}$$



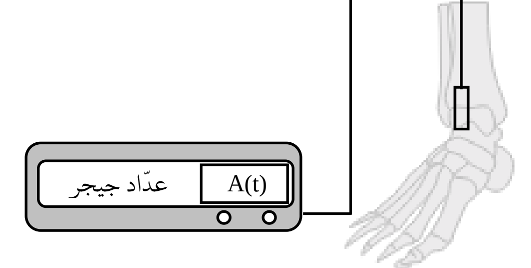
المفتاح الحادي عشر:

"التّأريخ بالإشعاع (تحديد العمر)"

يُستعمل النّشاط الإشعاعي في تحديد عمر قطعة خشب قديمة، عظام إنسان، الصخور، الآثار القديمة،...

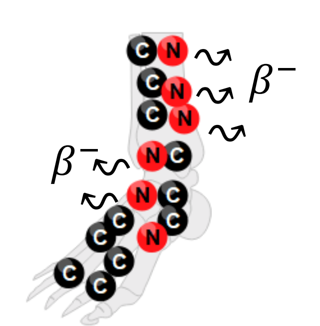
فمثلا وجدنا عظم رجل إنسان تحت الرّمال في الصّحراء القاحلة، فقام الفريق بتنقيتها جيّدا من الشّوائب (يهمّنا فقط الفحم (الكربون C) الموجود فيها)

قياس النّشاط الإشعاعي $A(t)$ للعظم عند العثور عليه.



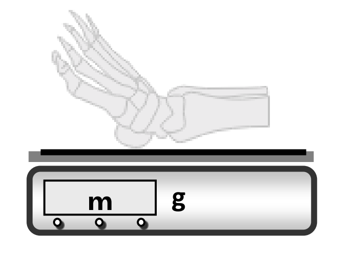
كما نعلم أنّ الفحم له نظائر من بينها ${}^{12}_{6}C$ و ${}^{14}_{6}C$ حيث: ${}^{12}_{6}C$ مُستقرّ (N=Z)، أمّا ${}^{14}_{6}C$ فهو نظير مُشعّ يتفكك:

$${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}(\beta^-)$$



تُعطى لنا كتلة العظم m الذي وجدناه (كتلة ${}^{12}C$ فقط تُذكر في التّمرين) نحسبُ عدد أنوية ${}^{12}C$ في العيّنة باعتباره مُستقرّ و لا يتفكك.(على عكس ${}^{14}C$)، حيث:

$$N_{{}^{12}C} = \frac{m}{12} \times N_A$$

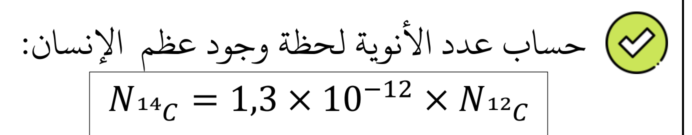


توجد نسبة ثابتة في كلّ الكائنات الحيّة بين عدد أنوية ${}^{12}C$ و ${}^{14}C$:

$$\frac{N_{{}^{14}C}}{N_{{}^{12}C}} \simeq 1{,}3 \times 10^{-12}$$

فبمجرد أن يموت الكائن الحيّ فإنّ هذه النّسبة $\frac{N_{{}^{14}C}}{N_{{}^{12}C}}$ لأنّ الكربون ${}^{14}C$ الذي يحتويه الكائن يشرع في التّناقص و لا يتجدد أبدا (انقطاع التّنفّس) على عكس ${}^{12}C$ الذي يبقى ثابتا.

حساب عدد الأنوية لحظة وجود عظم الإنسان:



$$N_{{}^{14}C} = 1{,}3 \times 10^{-12} \times N_{{}^{12}C}$$

نأتي بعيّنة مماثلة من عظم حديث و نقرّب منها مقياس جيجر فيُعطينا قيمة نشاط ${}^{14}C$ في اللّحظة t=0 و نستنتج عدد الأنوية الابتدائية، حيث:

$$N_{0\,{}^{14}C} = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{t_{1/2} . A_0}{\ln 2}$$

لإيجاد عمر العيّنة t نستعمل قانون التّأريخ:

انطلاقا من قانون التّناقص الإشعاعي:

$$N_{^{14}C}(t) = N_{0\,^{14}C}.e^{-\lambda.t}$$

نجد:

$$t = \frac{1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{N_{0\,^{14}C}}{N_{^{14}C}(t)}\right)$$

أو:

$$t = \frac{t_{1/2}}{ln2} \times \ln\left(\frac{N_{0\,^{14}C}}{N_{^{14}C}(t)}\right)$$

حيث:

$$\lambda = \frac{ln2}{t_{1/2}}$$

التّدريب (14) (البرهان 07 و 08)
* بيّن أنّ: $t = \frac{1}{\lambda} \times \ln(\frac{N_0}{N\ (t)})$ ، $t = \frac{1}{\lambda} \times \ln(\frac{A_0}{A(t)})$

التّدريب (15)
سمح تأريخ بواسطة ^{14}C ، جمجمة إنسان فوُجد أنّ كتلة الكربون ^{12}C , 200 g اكتُشفت عام 2020، باستعمال عدّاد جيجر نقيس النّشاط A_0 لجمجمة مماثلة فنجد $A_0=4{,}2 \times 10^{24}Bq$.
*أوجد عمر الجمجمة ؟
*استنتج تاريخ وفاة صاحبها؟
إذا علمت أنّ:
$N_A= 6{,}02 \times 10^{23}$
$t_{1/2}(^{14}C)= 5570$ ans
$\frac{N_{^{14}C}}{N_{^{12}C}} \simeq 1{,}3\times 10^{-12}$

حذاري صديقي ليس دائما نؤرّخ بـ ^{14}C توجد عناصر أخرى مثل:

البوتاسيوم ^{40}K لتأريخ الصّخور القديمة.



أو الكلور ^{36}Cl لتأريخ المياه الجوفيّة.

صديقي ستجد تمارين هذا الجزء كاللّعبة سأقدّم لك البروتوكول:

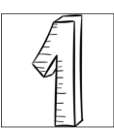
سيعطيك الكتلة m و يطلبُ منك حساب النّشاط A.

$N = \frac{m}{M} \times N_A \longrightarrow A = \lambda.N$

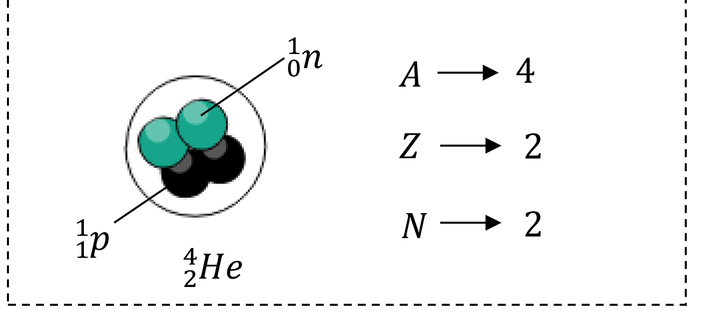
و أحيانا العكس يعطيك النّشاط و تحسب الكتلة m.

مُلخّص ما سبق

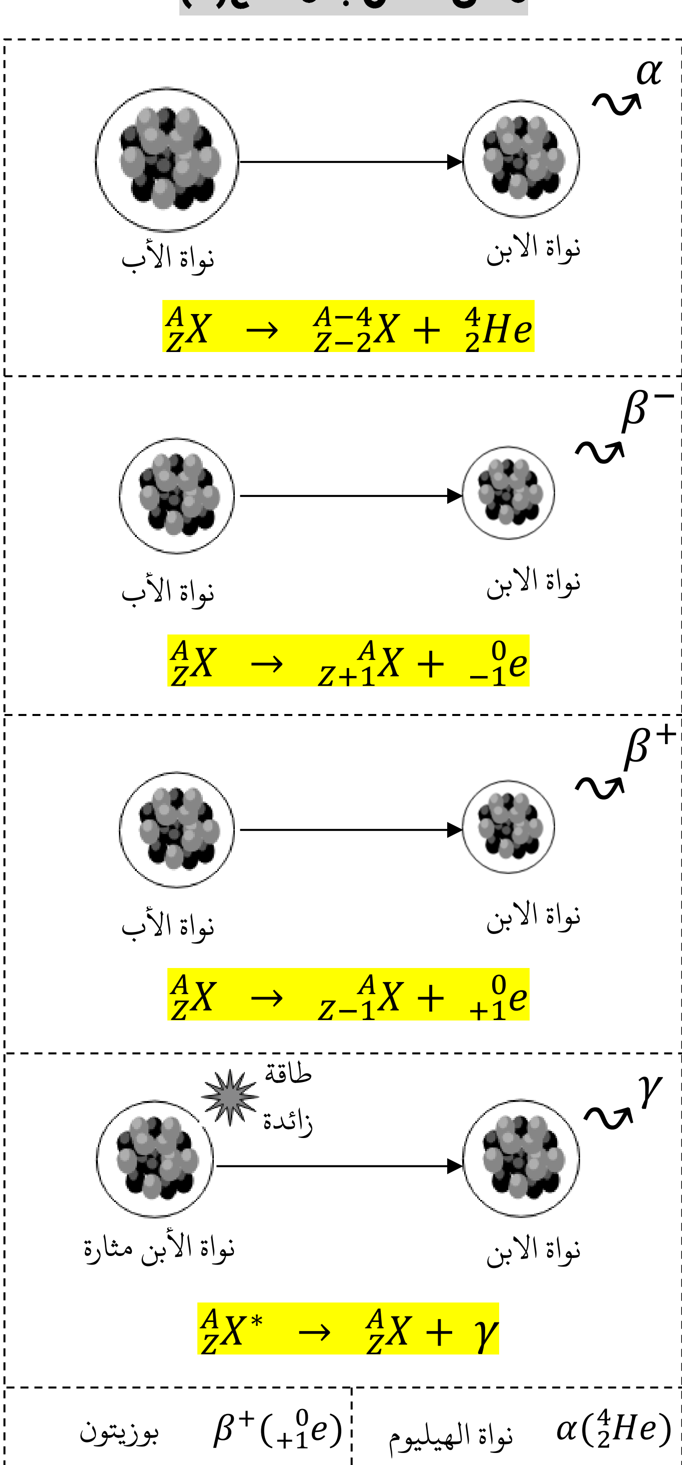
1- تركيب (مكوّنات) النّواة.
2- تعريف النّظائر.
3- معرفة بعض الجسيمات(إلكترون، بروتون......).
4- مفهوم النّشاط الإشعاعي.
5- معرفة مُميّزات الإشعاعات$(\alpha, \beta^+, \beta^-, \gamma)$.
6- معرفة قانونا الانحفاظ(قانونا صودي).
7- معرفة مخطّط سوقري و تموضع الأنوية المستقرّة و الأنوية الغير مستقرّة و طبيعة الإشعاعات الصّادرة.
8- قانون التّناقص الإشعاعي و بيانُه.
9- قانون الأنوية المتفكّكة و بيانُه.
10- زمن نصف العمر و البرهان على علاقته و إيجادُه بيانيا أو حسابيّا.
11- ثابت الزّمن و إيجاده بيانيّا أو حسابيّا.
12- ثابت التفكّك و حسابه.
13-قانون النّشاط الإشعاعي و البرهان عليه.
14- بيان النّشاط الإشعاعي.
15-معرفة العلاقة بين النّشاط الإشعاعي و عدد الأنوية.
16-معرفة العلاقة بين كتلة العينة و عدد الأنوية.
17- التّأريخ بالإشعاع و تحديد عمر عيّنة.



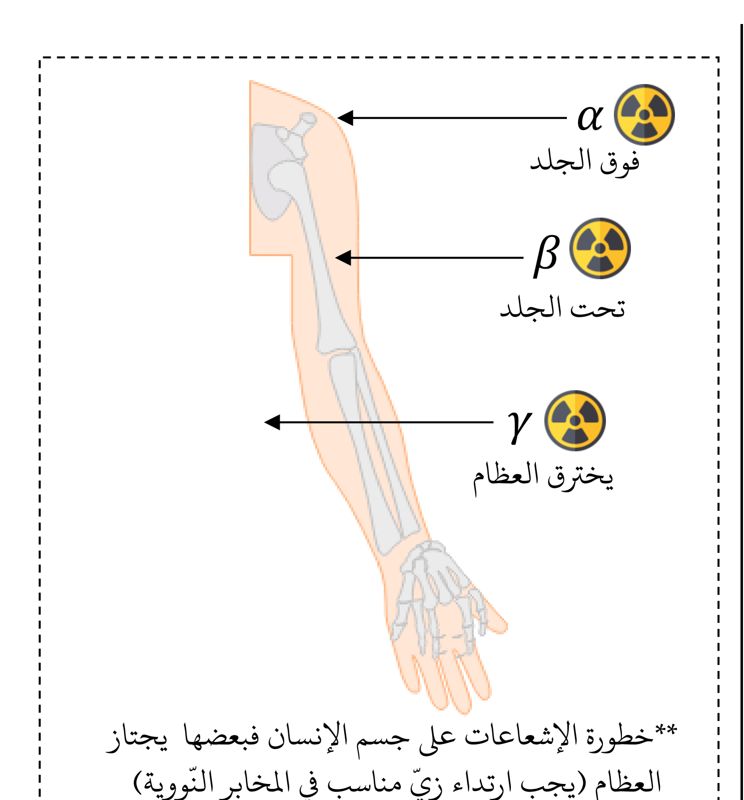
ملحق خاصّ بالمفتاح(1)



ملحق خاصّ بالمفتاح(3)

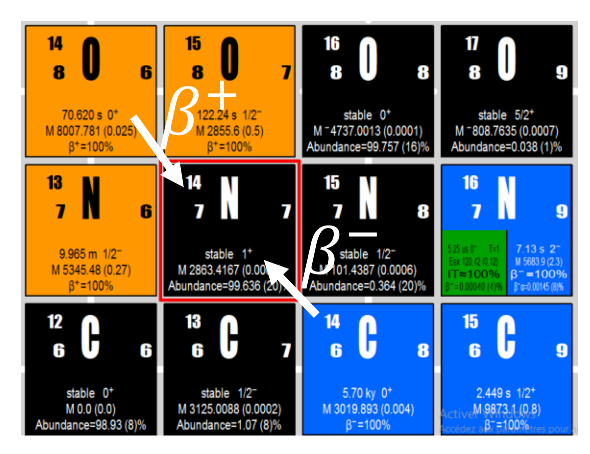


$\alpha(^{4}_{2}He)$ نواة الهيليوم	$\beta^+(^{0}_{+1}e)$ بوزيتون
$\beta^-(^{0}_{-1}e)$ إلكترون	γ أمواج كهرومغناطيسية

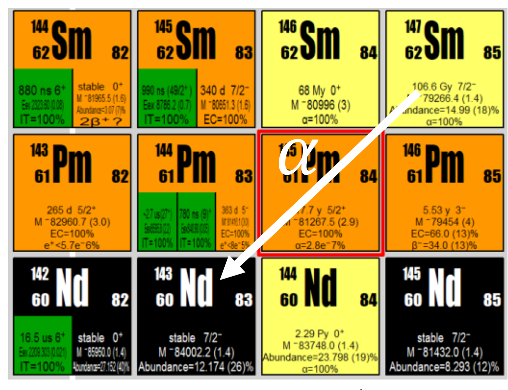


**خطورة الإشعاعات على جسم الإنسان فبعضها يجتاز العظام (يجب ارتداء زيّ مناسب في المخابر النّووية)

ملحق خاصّ بالمفتاح(4)

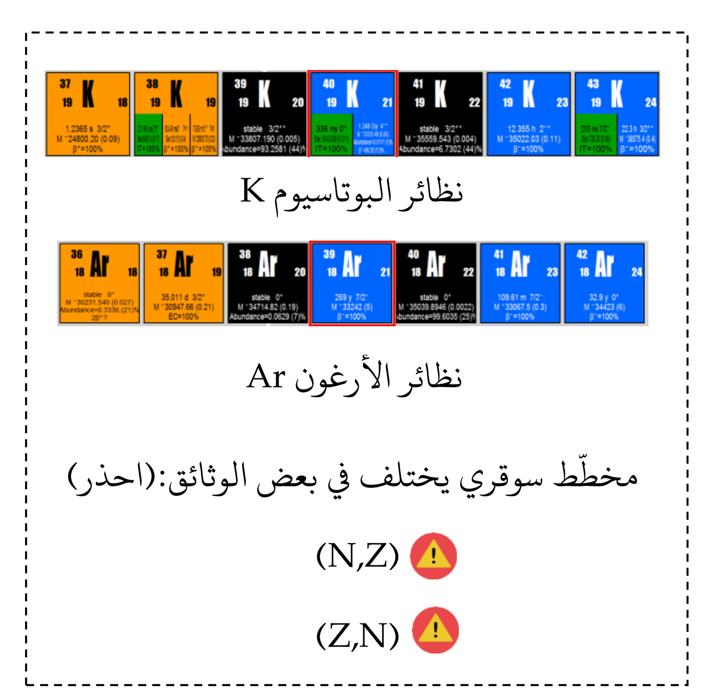


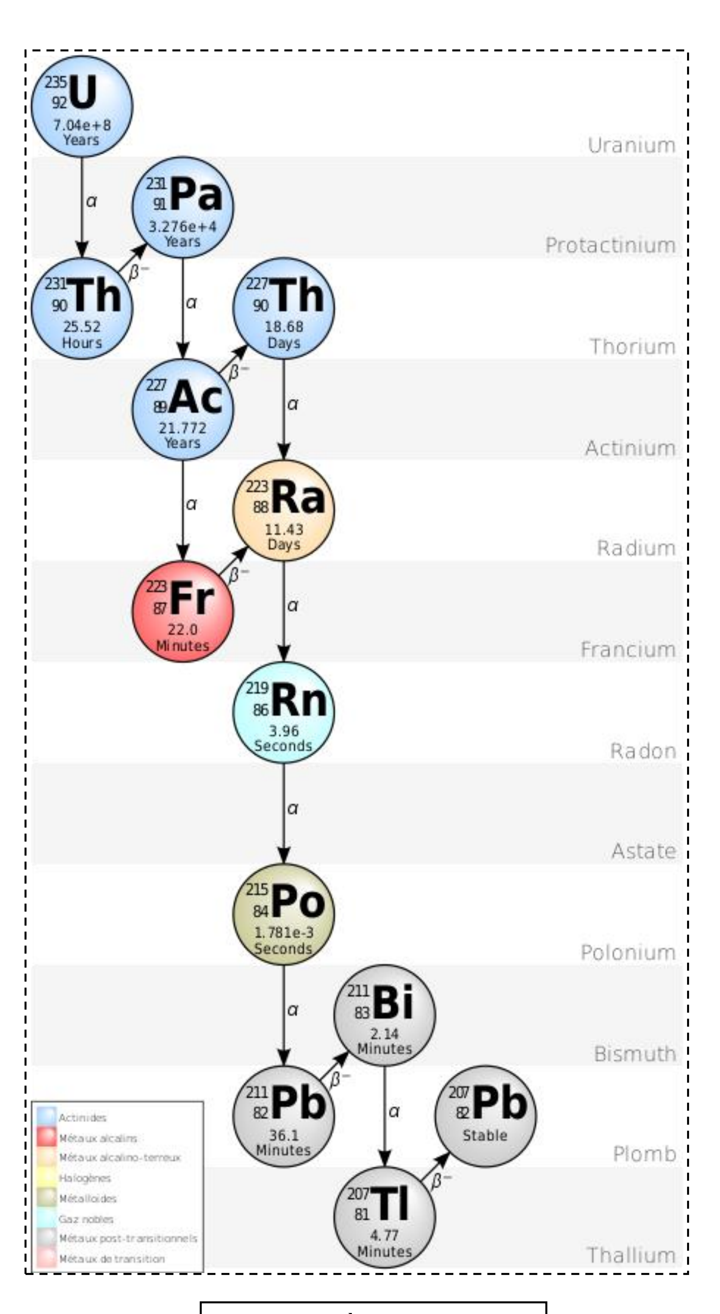
أنوية تُشعُّ β^+ و β^- تقع على جانبي واد الاستقرار (واد الاستقرار ملوّن بالأسود)



أنوية تُشعُّ α تقع أعلى واد الاستقرار

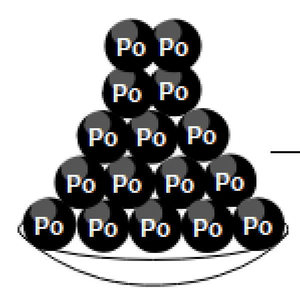
**مقتطفات من مخطّط سوقري (Z,N)





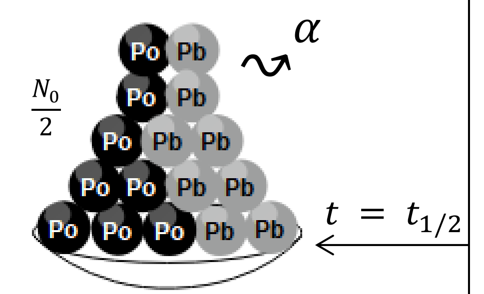
العائلة المَشعّة

ملحق خاصّ بالمفتاح(6) و (7)

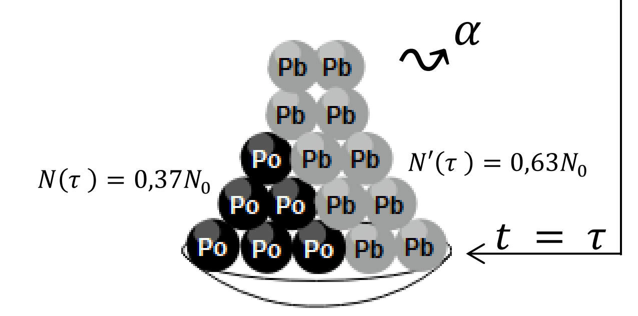


عيّنة من البولونيوم Po تتفكّك وفق المعادلة:

$$^{210}_{84}Po \rightarrow \; ^{206}_{82}Pb + \alpha$$



عند مرور زمن نصف العمر $t_{1/2}$ و الذي يتعلّق بنوع النّظير فقط، لا يتعلق بدرجة الحرارة و لا بالضّغط، يتفكّك النّصف و يتبقّى النّصف.



عند مرور $t = \tau$ تتفكّك 63% من Po إلى Pb و يتبقّى 37% من Po.

$$t_{1/2} = \tau . ln2$$

ملحق خاصّ بالمفتاح(9) و (10)

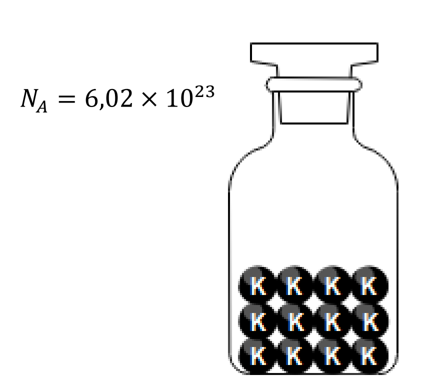
*في هذا الملحق نودّ دراسة النّشاط الإشعاعي A لعيّنة:

مثلا لدينا عيّنة من أنوية البوتاسيوم K الغير مستقرّة و التي تُعطي لأنوية الأرغون Ar، وفق المعادلة:

$$ {}^{40}_{19}K + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + \gamma $$

أنوية الأرغون Ar المنبعثة مع مرور الزمّن تمثّل: غاز الأرغون Ar.

$N_A = 6,02 \times 10^{23}$



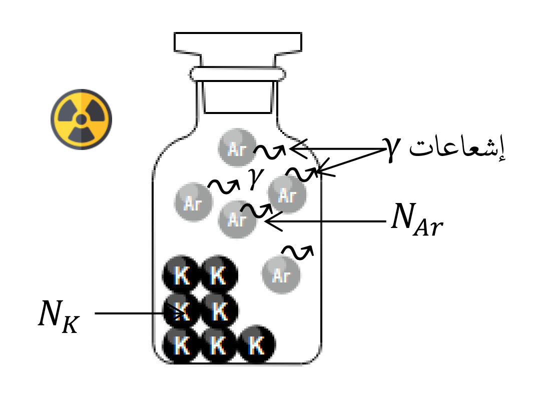
قارورة زجاجيّة تحتوي على كتلة ابتدائية m_0 من أنوية البوتاسيوم K.
يمكنُ حساب عدد الأنوية الابتدائية كمايلي:

$$N_{0,K} = \frac{m_{0,K}}{40} \times N_A$$

و من ثم النّشاط الاشعاعي الابتدائي:

$$A_0 = \lambda . N_{0,K}$$

بعد مرور مدّة زمنيّة t:



تحتوي القارورة على عنصرين Ar المتشكّل و K المتبقّي.

يمكن حساب عدد الأنوية المتبقّية باستعمال قانون التّناقص الإشعاعي إذا كنّا نعلم قيمة اللّحظة t.

$$N_K(t) = N_0 . e^{-\lambda . t}$$

و يمكن حساب النّشاط الإشعاعي:

$$A(t) = A_0 . e^{-\lambda . t}$$

أو يمكن وزن القيمة المتبقيّة في اللّحظة t ثم حساب عدد الأنوية:

$$N_K(t) = \frac{m_K(t)}{40} \times N_A$$

و من ثمّ حساب النّشاط الإشعاعي:

$$A(t) = \lambda . N_K(t)$$

قد يُطلبُ منّا حساب حجم غاز Ar الموجود داخل القارورة في اللّحظة t:

$$N_{0,K} = N_K(t) + N_{Ar}(t)$$

نحسبُ عدد أنوية الأرغون Ar أوّلا:

$$N_{Ar}(t) = N_{0,K} - N_K(t)$$

نعلم أنّ:

$$\frac{N_{Ar}(t)}{N_A} = \frac{V_{Ar}(t)}{V_M}$$

$$\Rightarrow V_{Ar}(t) = \frac{N_{Ar}(t)}{N_A} \times V_M$$

يمكن كذلك حساب كميّة مادّة n لكل من Ar و K، حيث:

$$n_{Ar}(t) = \frac{V_{Ar}(t)}{V_M} \qquad n_K(t) = \frac{m_K(t)}{40}$$

$V_M =$ يُعطى

$M = A = 40\ g/mol$

ملحق خاصّ بالمفتاح(9)

* سنتعرّف في هذا الملحق على أهمّية النّشاط الإشعاعي.

رغم سلبيّات النّشاط الإشعاعي و مايعود بالضّرر على المادّة الحيّة، إلاّ أنّ له فوائد عديدة لا غنى عنها:

1 التّأريخ بواسطة ^{14}C لمعرفة عمر المادّة الحيّة أو حتّى لمعرفة عمر الصّخور ....و لا ننسى أنّ التأريخ حدّد نسبيّا عمر الأرض...(مجال التأريخ واسع)

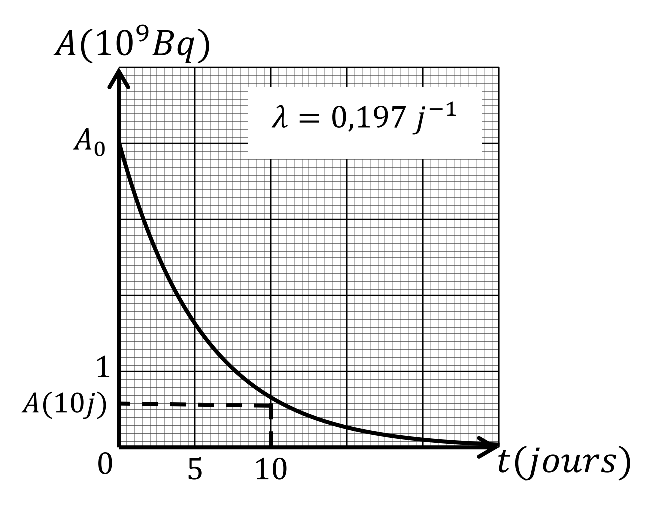
$$t = \frac{1}{\lambda} \times \ln(\frac{A_0}{A(t)})$$

2 الطبّ من أحد المجالات الرّئيسية التي عرفت تطبيقات الأشعّة النّووية، حيث تستعمل بعض الأنوية المشعّة لتشخيص الأمراض و معالجتها مثلا يُستعمل الرّينيوم $^{186}_{75}Re$ للتّخفيف من آلام الروماتيزم عن طريق الحقن الموضعي بجرعات ذات حجم قدرُه V_0=10 mL.

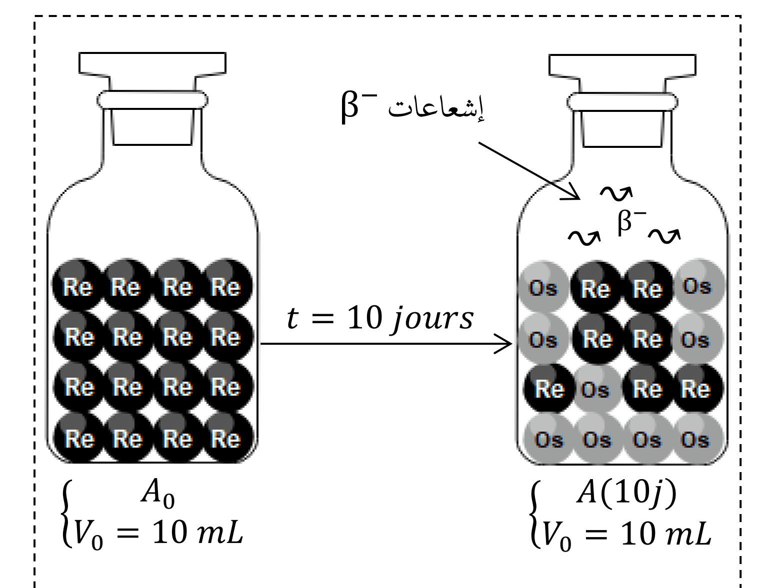
تتفكّك أنوية $^{186}_{75}Re$ إلى أنوية $^{186}_{76}Os$ مع إصدار إشعاعات β^-.

$$^{186}_{75}Re \rightarrow {}^{186}_{76}Os + \beta^-$$

يُعطى بيان تغيّرات النّشاط الإشعاعي A



هذه الجرعة محفوظة بعيدا تحتوي على حجم V_0 من الرّينيوم Re:



نودّ حساب عدد الأنوية بعد مرور t= 10 jours:

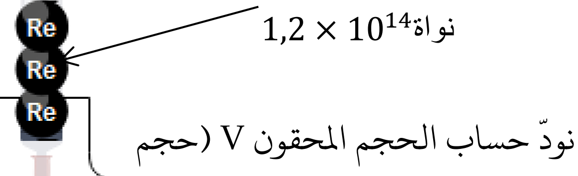
من البيان و بالإسقاط نجد: $A(10j) = 6 \times 10^8 Bq$

و نعلم أنّ: $A(10j) = \lambda . N(10j)$

$$\Rightarrow N(10j) = \frac{A(10j)}{\lambda} \leftarrow s^{-1}$$

$$\Rightarrow N(10j) = \frac{6 \times 10^8}{0.197 \div (24 \times 3600)}$$

$$\Rightarrow N(10j) = 2{,}6314 \times 10^{14} \text{ نواة}$$



عند اللّحظة t=10 jours نأخذ من الجرعة بواسطة حقنة حجما V يحتوي على:

$1{,}2 \times 10^{14}$ نواة

نودّ حساب الحجم المحقون V (حجم الحقنة).

$10\ mL \rightarrow 2{,}6314 \times 10^{14}$ نواة

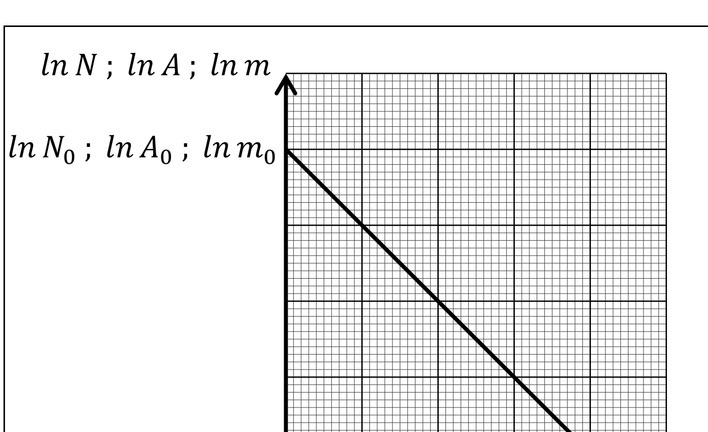
$V \rightarrow 1{,}2 \times 10^{14}$ نواة

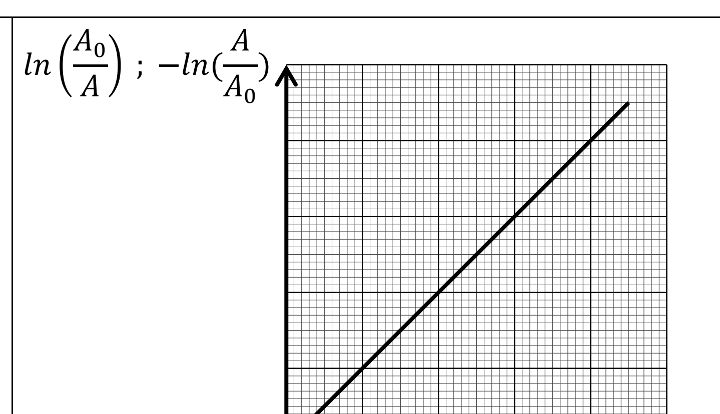
$$V = \frac{1{,}2 \times 10^{14} \times 10}{2{,}6314 \times 10^{14}}$$

$$V \simeq 4{,}5\ mL$$

$A(10j)$, $V_0 = 10\ mL$

البيــانـــات التي تصـــادفُها في وحدة "التحوّلات النّووية"





⭐ العبارة البيانية:

$$ln\, A = a.t + b$$

⭐ العبارة النظريّة:

$$A(t) = A_0.e^{-\lambda.t}$$

$$\Rightarrow ln\,(A(t)) = ln(A_0.e^{-\lambda.t})$$

$$\Rightarrow ln\,(A(t)) = ln\, A_0 + ln(e^{-\lambda.t})$$

$$\Rightarrow ln\,(A(t)) = ln(e^{-\lambda.t}) + ln\, A_0$$

$$\Rightarrow \boxed{ln\,(A(t)) = -\lambda.t + ln\, A_0}$$

⭐ بالمطابقة نجد:

$$a = -\lambda = tan\alpha$$

$$b = ln\, A_0 \Rightarrow A_0 = e^b$$

⭐ العبارة البيانية:

$$ln\left(\frac{A_0}{A}\right) = a.t$$

⭐ العبارة النظريّة:

$$A(t) = A_0.e^{-\lambda.t}$$

$$\Rightarrow \frac{A(t)}{A_0} = e^{-\lambda.t}$$

$$\Rightarrow \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = \ln(e^{-\lambda.t})$$

$$\Rightarrow \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = -\lambda.t$$

$$\Rightarrow \boxed{-\ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = \lambda.t}$$

$$\Rightarrow \boxed{\ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right) = \lambda.t}$$

⭐ بالمطابقة نجد:

$$a = \lambda = tan\alpha$$

$\frac{N}{N_0}$; $\frac{A}{A_0}$; $\frac{m}{m_0}$

1

$\frac{1}{2} = 0,5$

$e^{-1} \simeq 0,36$

$t_{1/2}$ τ t

⭐العبارة البيانية:

$$A(t) = A_0 . e^{-\lambda . t}$$

$$\Longrightarrow \boxed{\frac{A(t)}{A_0} = e^{-\lambda . t}}$$

⭐نتعلّم مع بعض كيف رسمنا البيان أعلاه:

$$t = 0 \Longrightarrow \frac{A(0)}{A_0} = e^{-\lambda . 0} = e^0 = 1$$

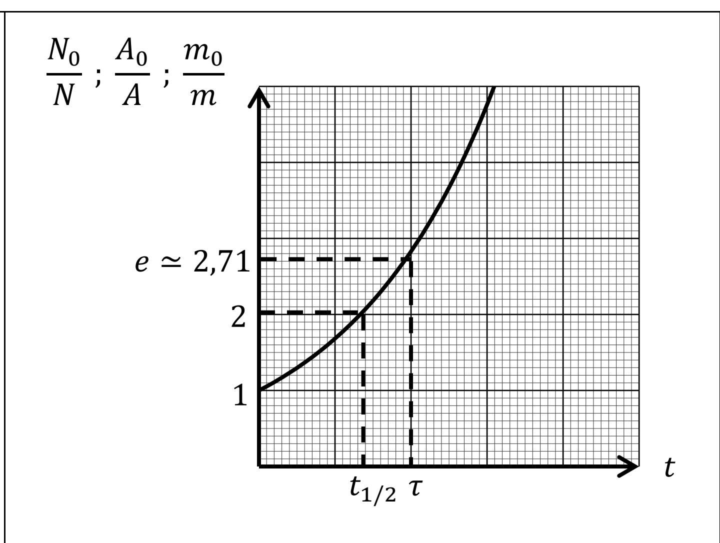
$$t = t_{1/2} \Longrightarrow \frac{A(t_{1/2})}{A_0} = e^{-\lambda . t_{1/2}} = e^{-\lambda . \frac{ln2}{\lambda}}$$

$$= \frac{1}{e^{ln2}} = \frac{1}{2}$$

$$t = \tau \Longrightarrow \frac{A(\tau)}{A_0} = e^{-\lambda . \tau} = e^{-\lambda . \frac{1}{\lambda}} = e^{-1} \simeq 0,36$$

$$t = \infty \Longrightarrow \frac{A(\infty)}{A_0} = e^{-\lambda . \infty} = e^{-\infty} = 0$$

t	0	$t_{1/2}$	τ	∞
$\frac{A(t)}{A_0}$	1	$\frac{1}{2} = 0,5$	$e^{-1} \simeq 0,36$	0



⭐العبارة البيانية:

$$A(t) = A_0 . e^{-\lambda . t}$$

$$\Longrightarrow \frac{A(t)}{A_0} = e^{-\lambda . t}$$

$$\Longrightarrow \frac{A_0}{A(t)} = \frac{1}{e^{-\lambda . t}}$$

$$\Longrightarrow \boxed{\frac{A_0}{A(t)} = e^{\lambda . t}}$$

⭐نتعلّم مع بعض كيف رسمنا البيان أعلاه:

$$t = 0 \Longrightarrow \frac{A_0}{A(0)} = e^{\lambda . 0} = e^0 = 1$$

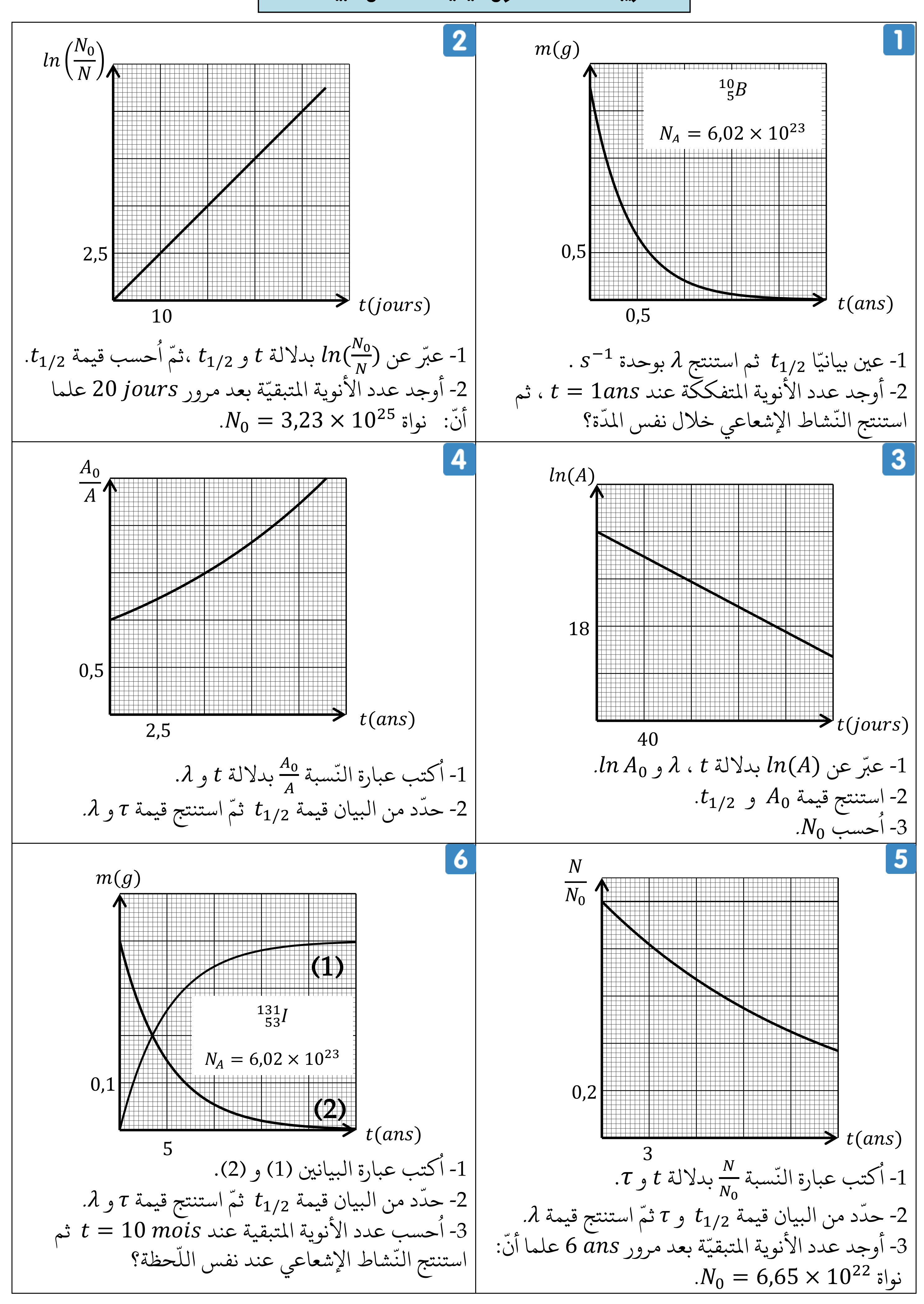
$$t = t_{1/2} \Longrightarrow \frac{A_0}{A(t_{1/2})} = e^{\lambda . t_{1/2}} = e^{\lambda . \frac{ln2}{\lambda}} = 2$$

$$t = \tau \Longrightarrow \frac{A_0}{A(\tau)} = e^{\lambda . \tau} = e^{\lambda . \frac{1}{\lambda}} = e \simeq 2,71$$

$$t = \infty \Longrightarrow \frac{A_0}{A(\infty)} = e^{\lambda . \infty} = e^{\infty} = +\infty$$

t	0	$t_{1/2}$	τ	∞
$\frac{A_0}{A(t)}$	1	2	$e \simeq 2,71$	$+\infty$

تدريبات شاملة حول كيفية استغلال البيانات



1

1- عين بيانيّا $t_{1/2}$ ثم استنتج λ بوحدة s^{-1} .

2- أوجد عدد الأنوية المتفككة عند $t = 1ans$ ، ثم استنتج النّشاط الإشعاعي خلال نفس المدّة؟

2

1- عبّر عن $ln(\frac{N_0}{N})$ بدلالة t و $t_{1/2}$ ،ثمّ أحسب قيمة $t_{1/2}$.

2- أوجد عدد الأنوية المتبقيّة بعد مرور $20\ jours$ علما أنّ: نواة $N_0 = 3,23 \times 10^{25}$.

3

1- عبّر عن $ln(A)$ بدلالة t ، λ و $ln\,A_0$.

2- استنتج قيمة A_0 و $t_{1/2}$.

3- أحسب N_0.

4

1- أكتب عبارة النّسبة $\frac{A_0}{A}$ بدلالة t و λ.

2- حدّد من البيان قيمة $t_{1/2}$ ثمّ استنتج قيمة τ و λ.

5

1- أكتب عبارة النّسبة $\frac{N}{N_0}$ بدلالة t و τ.

2- حدّد من البيان قيمة $t_{1/2}$ و τ ثمّ استنتج قيمة λ.

3- أوجد عدد الأنوية المتبقيّة بعد مرور $6\ ans$ علما أنّ: نواة $N_0 = 6,65 \times 10^{22}$.

6

1- أكتب عبارة البيانين (1) و (2).

2- حدّد من البيان قيمة $t_{1/2}$ ثمّ استنتج قيمة τ و λ.

3- أحسب عدد الأنوية المتبقية عند $t = 10\ mois$ ثم استنتج النّشاط الإشعاعي عند نفس اللّحظة؟

الوحدة (2): التحوّلات النّووية – الجزء 

قائمة المفاتيح

- التحوّل النّووي المفتعل
- علاقة آينشتاين
- وحدة الكتل الذّرية $u.m.a$
- النّقص الكتلي Δm
- طاقة التّماسك E_l
- طاقة التّماسك لكل نكليون $\frac{E_l}{A}$
- منحنى أستون - Aston
- التّفاعلات النّووية المفتعلة
- الطّاقة المحرّرة E_{lib}
- المفاعل النّووي
- الحصيلة الطّاقوية و الكتليّة

ملحق مرافق

- لنفهم أكثر Δm !
- المفاعل النّووي في مواجهة البترول
- الحصيلة الطاقويّة للإندماج

مفاتيح الإجابة عن أسئلة الوحدة الثانية

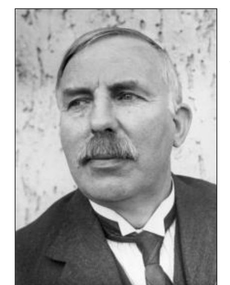
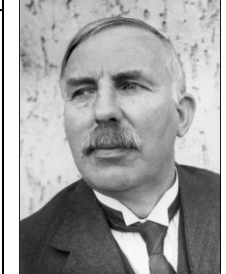
"الـــــتّحـوّلات الـنّوويّـــــة"

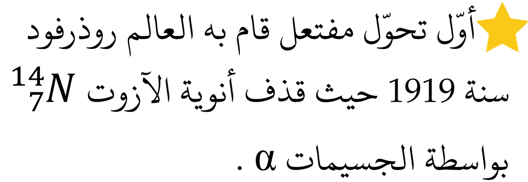
المفتاح الأوّل:

" التحوّل النّووي المفتعل"

التحوّل النووي المفتعل يصطنعُه الإنسان في المُفاعلات النّووية على عكس التحوّل النّووي الطبيعي الذي يحدُثُ تلقائيّا.

أوّل تحوّل مفتعل قام به العالم روذرفود سنة 1919 حيث قذف أنوية الآزوت $^{14}_{7}N$ بواسطة الجسيمات α .



$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}p$$

التحوّل النّووي المفتعل خاضع أيضا لقانونا الانحفاظ:

$^{A_1}_{Z_1}X_1 + ^{A_2}_{Z_2}X_2 \longrightarrow ^{A_3}_{Z_3}X_3 + ^{A_4}_{Z_4}X_4$		
$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$	انحفاظ الكتلة (A)	قانونا الانحفاظ (قانونا صودي)
$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$	انحفاظ الشحنة (Z)	

المفتاح الثّاني:

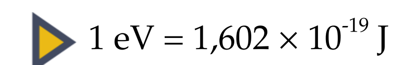
"علاقة آينشتاين (طاقة-كتلة)"

هي الطّاقة التي تُصاحب الكتلة، حيثُ:

$E = m.c^2$
E: طاقة الكتلة بوحدة الجول (J).
m: كتلة الجسم بوحدة (Kg).
c: سرعة الضّوء في الفراغ (c=3×10^{8} m/s).

يمكن حساب الطّاقة بـ eV أو MeV، حيث:

تحويلات



- $1\ eV = 1,602 \times 10^{-19}\ J$
- $1\ Mev = 10^{6}\ eV$

التّدريب (1)
* أُحسب طاقة كتلة الإلكترون $^{0}_{-1}e$ بوحدة J و MeV، علما أنّ: $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ Kg. يُعطى: $c=3\times10^{8}$ m/s

المفتاح الثّالث:

"وحدة الكتل الذريّة u.m.a "

باعتبار الأنوية عناصر صغيرة جدّا فلابدّ لنا أن نختار وحدة لقياسها، فوحدة الكيلوغرام (Kg) لا تُناسبُها.

لهذا نختار وحدة جديدة تُسمّى "وحدة الكتل الذريّة" و نرمزُ لها u.m.a (unité de masse atomique) اختصارا بـ u .

$1u = 1,66 \times 10^{-27}$ Kg

$1u = 931,5$ MeV/c^{2}

تعريف u.m.a: وحدة الكتل الذريّة (u) هي $\frac{1}{12}$ من كتلة نوة الكربون ^{12}C.

التّدريب (2)
* أُحسب كتلة البروتون $^{1}_{1}p$ بوحدة u ثم جدها بوحدة MeV/c^{2}، علما أنّ: $m_p = 1,673 \times 10^{-27}$ Kg.

المفتاح الرّابع:

"النّقص الكتلي Δm"

⭐ لدينا نواة الليثيوم $^{6}_{3}Li$ التي تحتوي على 3 بروتونات و 3 نترونات.

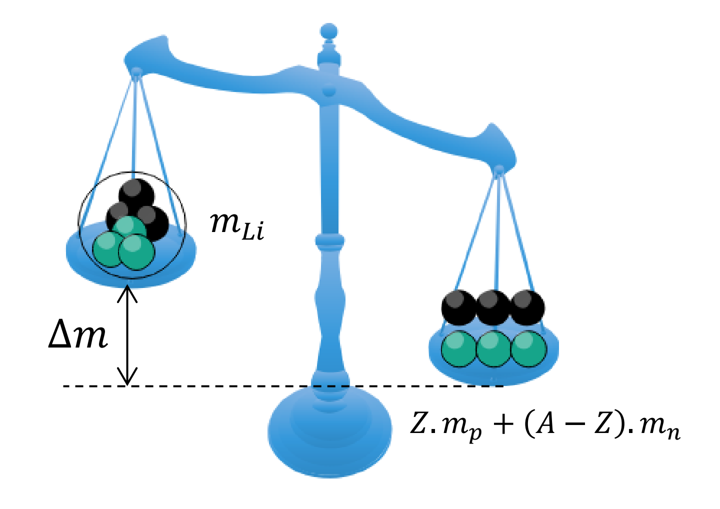
نواة الليثيوم $^{6}_{3}Li$ مُجتمعة.

⭐ تخيّل لو قمنا بتفكيك النّواة ستصبح البروتونات و النترونات حرّة.



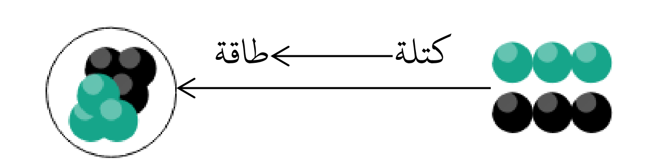
نواة الليثيوم $^{6}_{3}Li$ مُفكّكة.

⭐ الآن نأتي بميزان و نضع النّواة مُجتمعة في كفّة و النّواة المفكّكة إلى نكليونات حرّة في كفّة أخرى.

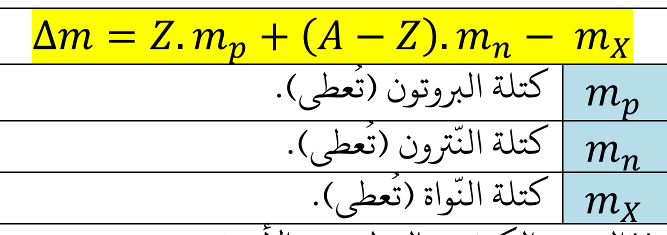


⭐ نلاحظ أنّ كتلة النّكليونات > كتلة النّواة !! لماذا؟

◀ السبّب هو عند التحام النّكليونات في النّواة، تنقُص الكتلة لتتحوّل إلى طاقة تجعل النّكليونات مُتماسكة مع بعضها البعض.



⭐ و من هنا نستنتج قانون النّقص الكتلي Δm :



$\Delta m = Z.m_p + (A-Z).m_n - m_X$	
m_p	كتلة البروتون (تُعطى).
m_n	كتلة النّترون (تُعطى).
m_X	كتلة النّواة (تُعطى).

**النقص الكتلي صالح لجميع الأنوية.

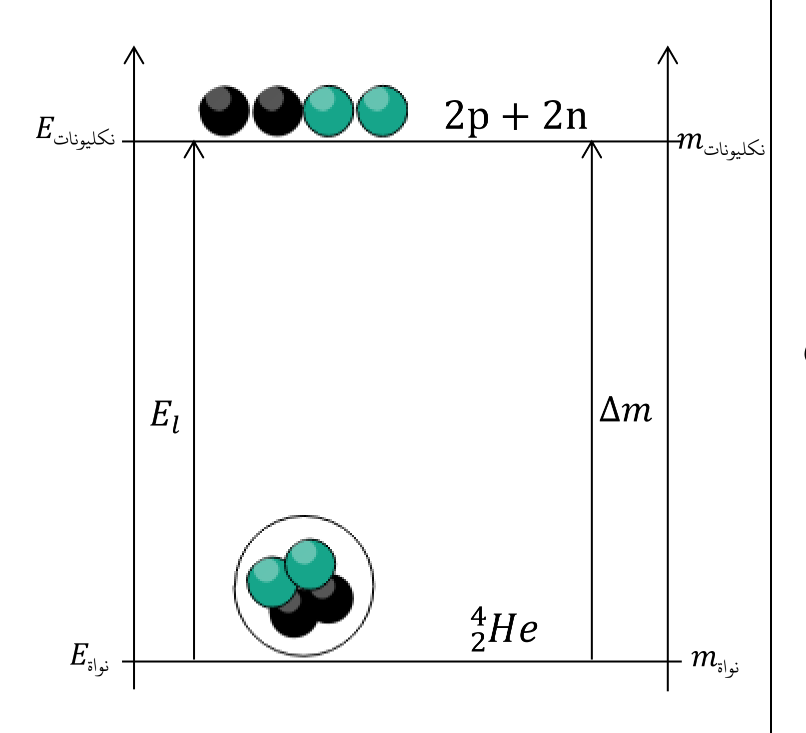
التّدريب (3)
* أُحسب النّقص في الكتلة Δm لنواة الكلور $^{36}_{17}Cl$ بوحدة u ثم جدها بوحدة MeV/c^2، علما أنّ:
- $m_p = 1,673 \times 10^{-27}$ Kg
- $m_n = 1,675 \times 10^{-27}$ Kg
- $m_{Cl} = 59,711 \times 10^{-27}$ Kg

المفتاح الخامس:

"طاقة التّماسك (الرّبط) E_l"

⭐ لقد قُلنا سابقا، أنّه عندما نجمع النّكليونات في النّواة تنقُصُ الكتلة (النّقص الكتلي Δm) لتتحوّل إلى طاقة نُسميها "طاقة التماسك النووي E_l".

⭐ تعريف طاقة الرّبط النّووي E_l: هي الطّاقة اللاّزم إعطاؤها للنّواة و هي ساكنة لتفكيكها إلى نكليوناتها معزولة و ساكنة، أي هي طاقة تماسك النّواة يرمز لها بـ E_l

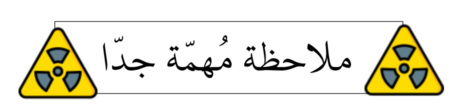


$$E_l = \Delta m . c^2$$

حيث:

$$E_l = (Z.m_p + (A-Z).m_n - m_X).c^2$$

m_p	كتلة البروتون (تُعطى).
m_n	كتلة النّترون (تُعطى).
m_X	كتلة النّواة (تُعطى).
c	سرعة الضّوء في الفراغ (c=3×10⁸ m/s).



$$E_l(J) = \Delta m(Kg) \times c^2$$

$$E_l(MeV) = \Delta m(u) \times 931{,}5$$

التّدريب (4)
* أُحسب طاقة الرّبط E_l لنواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ بوحدة MeV ثم جدها بوحدة J، علما أنّ:   - m_p= 1,00728 u   - m_n= 1,00866 u   - m_U= 234,99332 u

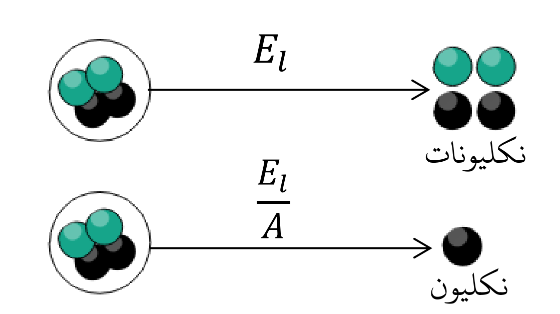
المفتاح السّادس:

"طاقة التّماسك (الرّبط) $\frac{E_l}{A}$ لكل نكليون (نويّة)"

تعريف: هي الطّاقة اللاّزمة لنزع نكليون واحد من النّواة و يرمزُ لها $\frac{E_l}{A}$ و لحسابها نمرُّ على مرحلتين:

1 حساب طاقة الرّبط E_l.

2 نقسم طاقة الرّبط E_l على A، فنجد: $\frac{E_l}{A}(MeV/\text{نكليون})$



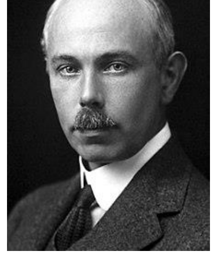
طاقة الرّبط لكل نكل نكليون تمكّننا من معرفة الأنوية الأكثر استقرارا حيث كلّما كانت $\frac{E_l}{A}$ كبيرة كانت النّواة أكثر استقرار.

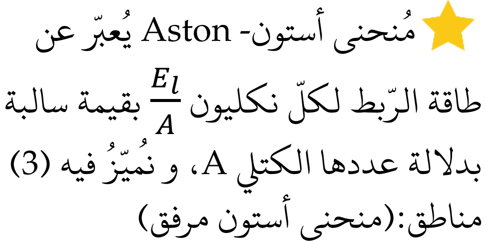
التّدريب (5)				
* رتّب الأنوية التّالية من الأقلّ إلى الأكثر استقرارا:				
النّواة	$^{56}_{26}Fe$	$^{238}_{92}U$	$^{140}_{54}Xe$	$^{3}_{1}H$
$E_l(MeV)$	492,24	1801,66	1164,75	8,57
$\frac{E_l}{A}(MeV/\text{نكليون})$				



المفتاح السّابع:

"مُنحنى أستون - Aston"





مُنحنى أستون- Aston يُعبّر عن طاقة الرّبط لكلّ نكليون $\frac{E_l}{A}$ بقيمة سالبة بدلالة عددها الكتلي A، و نُميّزُ فيه (3) مناطق:(منحنى أستون مرفق)

1 المنطقة(1): $20 < A < 190$

منطقة خاصة بالأنوية الأكثر استقرارا (الأكثر تماسكا) و لها طاقة ربط لكلّ نكليون كبيرة قيمتها المتوسّطة 8 MeV/nucléon من بينها ^{63}Cu و ^{56}Fe.

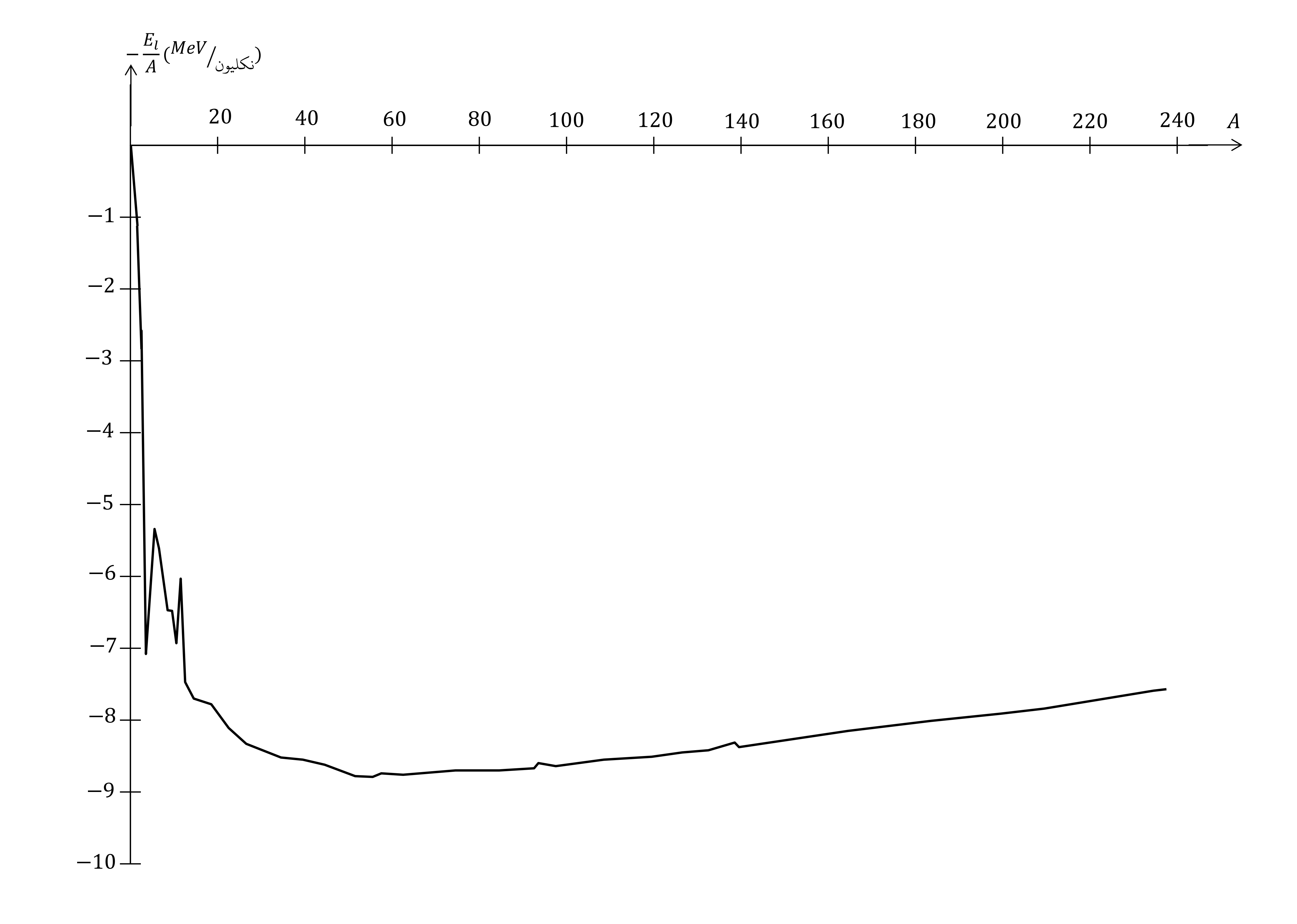
2 المنطقة(2): $A < 20$

الأنوية في هذا المجال أقلّ استقرارا (أنوية خفيفة) تستقرّ بآلية الاندماج (اتّحاد نواتين خفيفتين لتتشكّل نواة أكثر تماسكا).

3 المنطقة(3): $A > 190$

الأنوية في هذا المجال غير مستقرّة (أنوية ثقيلة) تستقرّ بآلية الانشطار(تنشطر نواة ثقيلة بقذفها بنترون إلى نواتين أكثر تماسكا).

الهدف منه: نُقارن به استقرار الأنوية (تقع أسفل البيان)، و يوضّح لنا آلية الإنشطار و آلية الاندماج.



$-\frac{E_l}{A}$ (MeV/نكليون)
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
A
−1
−2
−3
−4
−5
−6
−7
−8
−9
−10

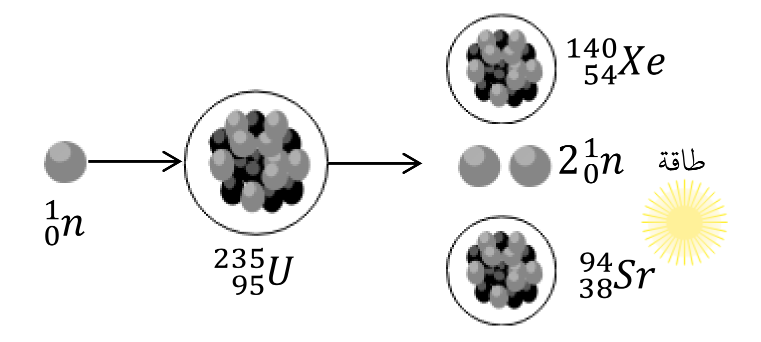
التّدريب (6)
*بالاعتماد على مُنحنى أستون-Aston قم بوضع الأنوية التّالية تقريبيا:
${}^{235}U, {}^{94}Sr, {}^{140}Xe, {}^{3}H, {}^{2}H, {}^{4}He$
* رتّب الأنوية تصاعديّا من حيث الاستقرار.
*استنتج طاقة الرّبط E_l لكلّ الأنوية السّابقة.

المفتاح الثّامن:

"التّفاعلات النّوويّة المفتعلة"

1 تعريف الانشطار النّووي: هو تفاعل نووي مُفتعل تنشطر فيه نواة ثقيلة لتُعطي نواتين أكثر استقرارا و نترونات مع تحرير طاقة.

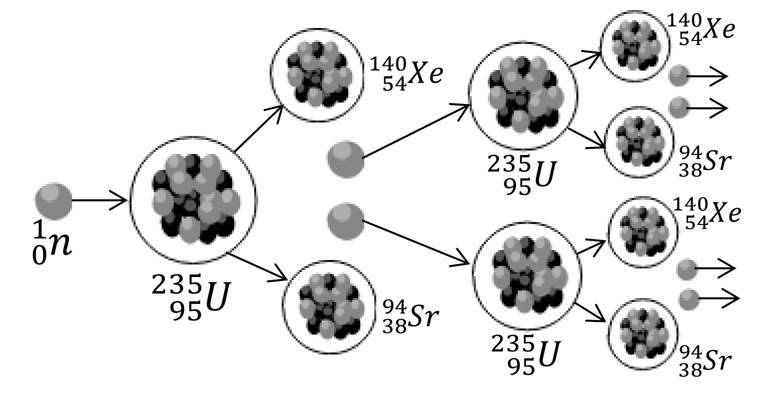
$${}^{235}_{95}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2{}^{1}_{0}n$$



★ سبب اختيار النّترون ${}^{1}_{0}n$ لأنّه متعادل كهربائيّا كي لا يحدث تنافر مع النّواة موجبة الشّحنة عند قذفها به.

★ جُعل بطيئا كي لا يخترق النّواة.

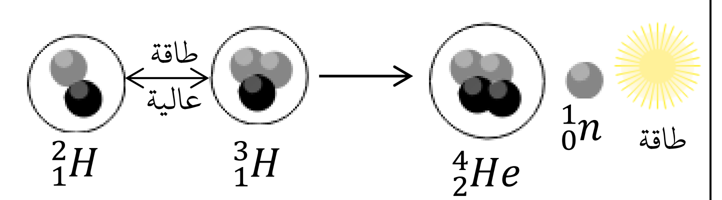
★ يُعرف تفاعل الانشطار أنّه تفاعل تسلسلي مُغذّى ذاتيّا حيث يفتعل النّترون الابتدائي انشطار النّواة الأولى و النّترونات المُنبعثة من هذا الانشطار تفتعل انشطارات أخرى و هكذا تتضاعف الآلية بشكل مُتسلسل.



★ للحدّ من تفاعل الانشطار نستعمل قضبان الكادميوم (Cd) لامتصاص النّترونات.

2 تعريف الانشطار النّووي: هو تفاعل نووي مُفتعل تندمج فيه نواتين خفيفتين لتُعطي نواة أكثر استقرارا مع تحرير طاقة.

$${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$$



★ إنّ تفاعل الإندماج هو الأكثر احتمالا في مفاعلات الاندماج مستقبلا عكس تفاعل الانشطار.

★ يمكننُا أن نستنتج الآن أنّ الأنوية الغير مستقرّة تتحوّل بـ(3) طرق:

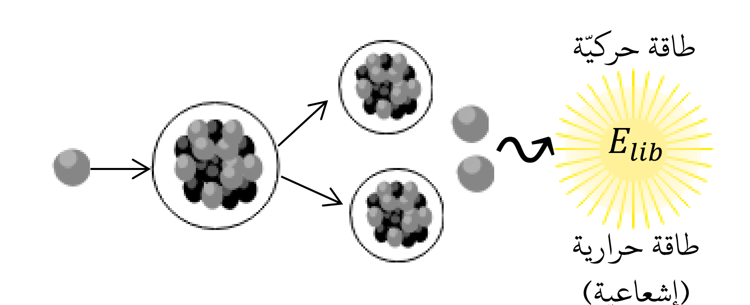
- تفكّكيّة (إصدار إشعاعات α, β^-, β^+).
- انشطارية.
- اندماجيّة.

التّدريب (7)
* أوجد قيم x ، y ، A و Z في التفاعلات التّالية:
${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{131}_{53}I + {}^{102}_{Z}Y + x\,{}^{1}_{0}n$
${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{Z}_{2}He + y{}^{1}_{0}n$
${}^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^{A}_{Z}y$
${}^{137}_{56}Ba^* \rightarrow {}^{137}_{56}Ba + {}^{A}_{Z}y$

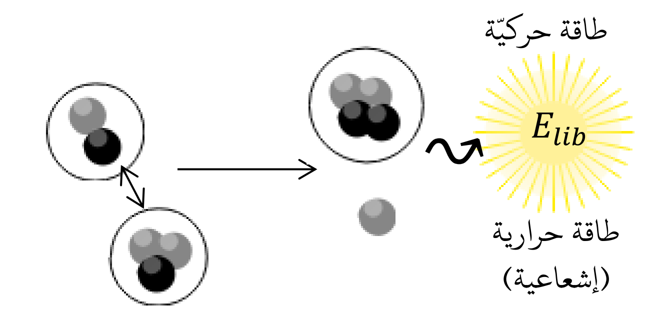
المفتاح التّاسع:

"الطّاقة المحرّرة E_{lib}"

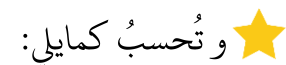
★ قلنا سابقا أنّ في تفاعلي الانشطار و الاندماج تتحرّر طاقة، نُسمّيها الطّاقة المُحرّرة E_{lib}.



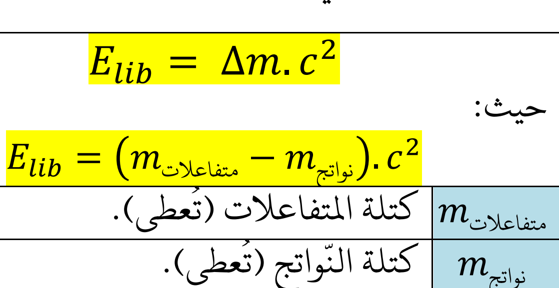
تفاعل الانشطار يُحرّر طاقة (E_{lib})



تفاعل الاندماج يُحرّر طاقة (E_{lib})



و تُحسبُ كمايلي:

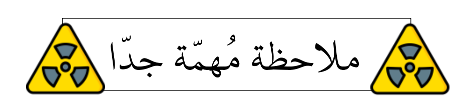


$$E_{lib} = \Delta m . c^2$$

حيث:

$$E_{lib} = (m_{\text{متفاعلات}} - m_{\text{نواتج}}) . c^2$$

$m_{\text{متفاعلات}}$	كتلة المتفاعلات (تُعطى).
$m_{\text{نواتج}}$	كتلة النّواتج (تُعطى).
c	سرعة الضّوء في الفراغ (c=3×10^8 m/s).



ملاحظة مُهمّة جدّا

$$E_{lib}(J) = \Delta m(Kg) \times c^2$$

$$E_{lib}(MeV) = \Delta m(u) \times 931,5$$

و يمكننا حسابُها أيضا كمايلي:

$$E_{lib} = E_{l\ \text{نواتج}} - E_{l\ \text{متفاعلات}}$$

$E_{l\ \text{متفاعلات}}$	طاقة ربط المتفاعلات(تُعطى).
$E_{l\ \text{نواتج}}$	طاقة ربط النّواتج (تُعطى).

**أحيانا ستجد في معطيات التّمرين طاقة الرّبط لكل نكليون $\frac{E_l}{A}$ يجب أوّلا الانتقال إلى E_l بالضرب × A ثم حساب E_{lib}

التّدريب (8)

* تُعطى معادلة انشطار نظير اليورانيوم 235:

$$^{235}_{95}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2^{1}_{0}n$$

1- أُحسب الطّاقة المحرّرة من نواة اليورانيوم 235. بـMeV ثمّ بـJ. بطريقتين مختلفتين.

2- استنتج الطاقة المحرّرة لكل نكليون.

3- أُحسب النّقص الكتلي Δm لنواة $^{94}_{38}Sr$.

تُعطى:

m(U)= 234,9935 u

m(Xe)= 139,8920 u

m(Sr)= 93,8945 u

m(n)= 1,00866 u

m(p)= 1,00728 u

$$\frac{E_l}{A}(U) = 7,950\ MeV/nuc$$

$$\frac{E_l}{A}(Xe) = 8,290\ MeV/nuc$$

$$\frac{E_l}{A}(Sr) = 8,593\ MeV/nuc$$

التّدريب (9)

* تُعطى معادلة اندماج الديتيريوم $^{2}_{1}H$ و الترثيوم $^{3}_{1}H$:

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

1- أُحسب الطّاقة المحرّرة لتفاعل الاندماج. بـMeV ثمّ بـJ.

2- استنتج الطاقة المحرّرة لكل نكليون.

3- من الأفضل تفاعل الاندماج أم الانشطار؟ برّر.

4- أُحسب طاقة الرّبط لنواة $^{3}_{1}H$.

تُعطى:

m($^{2}_{1}H$)= 2,01355 u

m($^{3}_{1}H$)= 3,0155 u

m($^{4}_{2}He$)= 4,0015 u

m(n)= 1,00866 u

m(p)= 1,00728 u

تظهر E_{lib} في شكل طاقة حرارية و طاقة حركيّة.

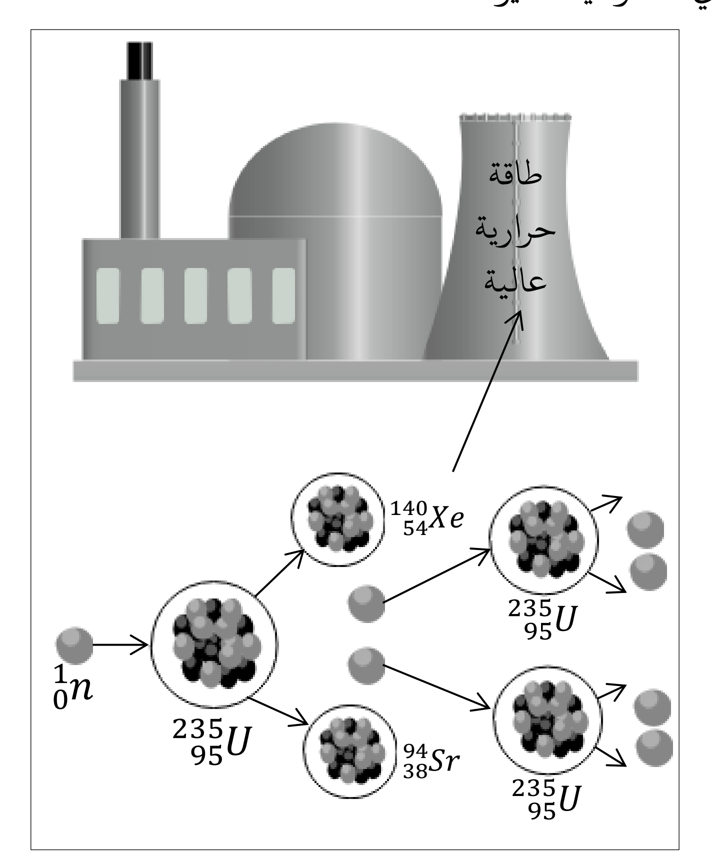
المفتاح العاشر:

"المُفاعل النّووي"

تعريفُهُ: جهاز لإنتاج طاقة نووية كبيرة باستخدام كميّة قليلة من الوقود (مثل اليورانيوم U).



يعتمد المفاعل النّووي على مبدأ الانشطار ، حيث نعلم أنّ هذا التّفاعل تسلسلي مُغذّى ذاتيّا.نترون حرّ واحد و كميّة هائلة من أنوية اليورانيوم U تُنتج لنا طاقة حرارية عالية جدّا و كتلة كبيرة من النّترونات التي سنتعملُها في تفاعلات أخرى في مدّة زمنيّة قصيرة.



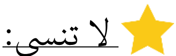
مبدأ المفاعل النّووي

**تفاعل الانشطار (تفاعل تسلسلي مُغذّى ذاتيّا).

يُعطى مردود المفاعل النّووي r كمايلي:

$$r = \frac{E_{\text{كهربائية}}}{E_{\text{نووية}}} \times 100 = \frac{P.t}{N.E_{lib}} \times 100$$

r	المردود(%).
P	الاستطاعة (W) بالواط.
t	الزّمن (s).
N	عدد الأنوية (نواة).
E_{lib}	الطّاقة المحرّرة بـ(J).



$$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$$



إيجابيات المفاعل	سلبيات المفاعل
الحصول على الطّاقة	استعمالُه في صناعة الأسلحة.
استعمالُه في الطبّ و الإشعاع	يتسبّب في أمراض وراثيّة بسبب الإشعاعات (ماري كوري)

التّدريب (10)

* نظير اليورانيوم 235 يمكن استخلاصُه عن طريق الطّرد المركزي و يُستخدم كوقود ذرّي في محرّكات الغوّاصات النّووية لإنتاج طاقة هائلة ناتجة عن تفاعل انشطاري يمكن نمذجته بالمعادلة التّالية:

$$^{235}_{95}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2{}^{1}_{0}n$$

تُعطى الطّاقة المُحرّرة من هذا التّفاعل E_{lib}=184,7 MeV

- ينتجُ محرّك الغوّاصة استطاعة تحويل P=25 MW حيث يستهلك كتلة صافية m من اليورانيوم المخصّب $^{235}_{95}U$ خلال 30 jours.

أ- ماهي الطّاقة النّووية المحرّرة من انشطار الكتلة m السّابقة التّي تستهلكها الخواصة خلال مدّة 30 j، علما أنّ مردود هذا التّحويل r=85 %؟

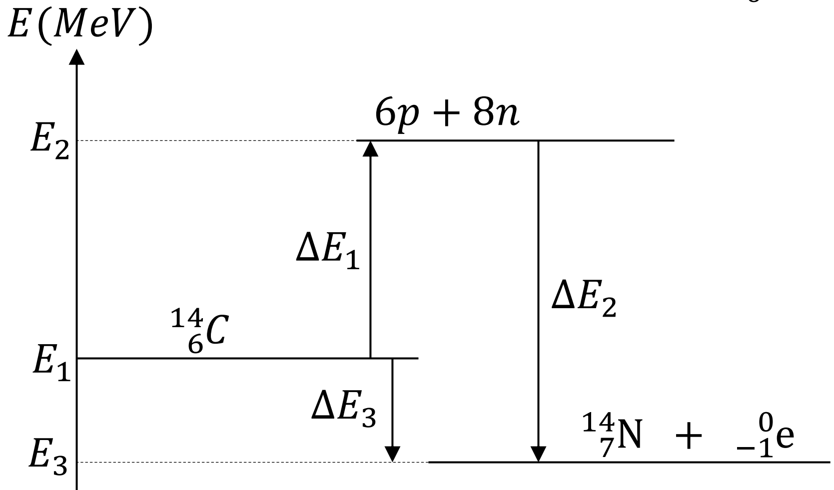
ب- احسب قيمة الكتلة m.

المفتاح الحادي عشر:

"الحصيلة الطّاقوية (المُخطّط الطّاقوي)"

1 الحصيلة الطّاقوية لتفاعل التّفكك:

$${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}(\beta^-)$$




حيث:



$\Delta E_1 = E_2 - E_1 = E_l({}^{14}_{6}C)$

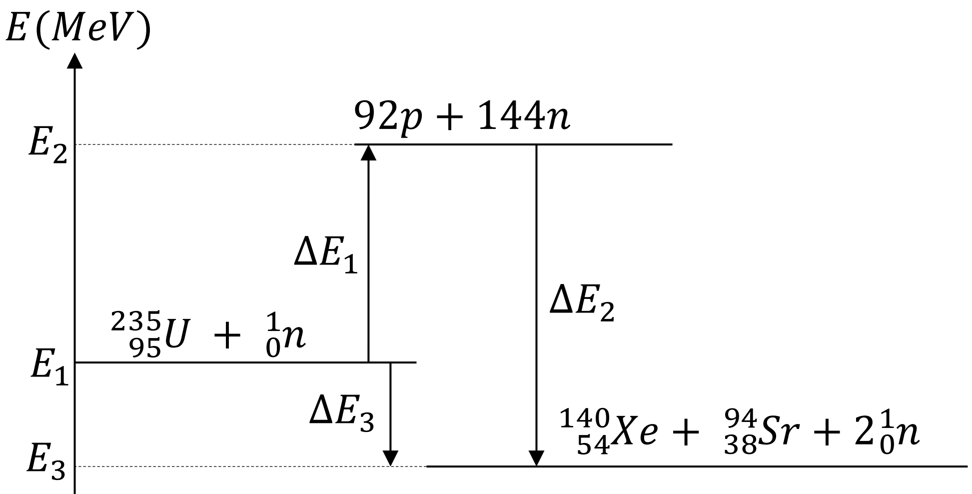
$\Delta E_2 = E_3 - E_2 = -E_l({}^{14}_{7}\mathrm{N})$

$\Delta E_3 = E_3 - E_1 = E_l({}^{14}_{6}C) - E_l({}^{14}_{7}\mathrm{N}) = -E_{lib}$

---

2 الحصيلة الطّاقوية لتفاعل الانشطار:

$${}^{235}_{95}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2{}^{1}_{0}n$$




حيث:

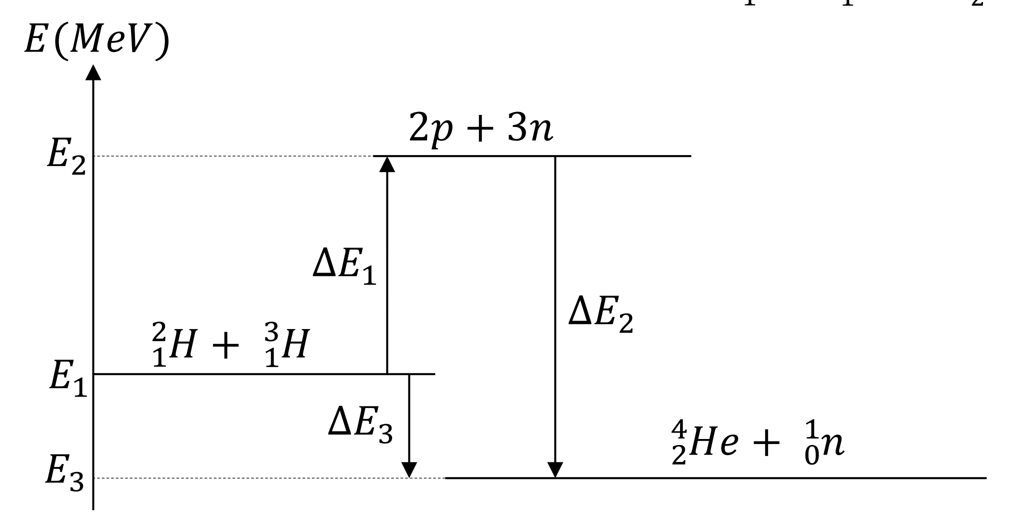
$\Delta E_1 = E_2 - E_1 = E_l({}^{235}_{95}U)$

$\Delta E_2 = E_3 - E_2 = -[E_l({}^{140}_{54}Xe) + E_l({}^{94}_{38}Sr)]$

$\Delta E_3 = E_3 - E_1 = E_l({}^{235}_{95}U) - [E_l({}^{140}_{54}Xe) + E_l({}^{94}_{38}Sr)] = -E_{lib}$

3 الحصيلة الطّاقوية لتفاعل الاندماج:

$${}_1^2H + {}_1^3H \rightarrow {}_2^4He + {}_0^1n$$



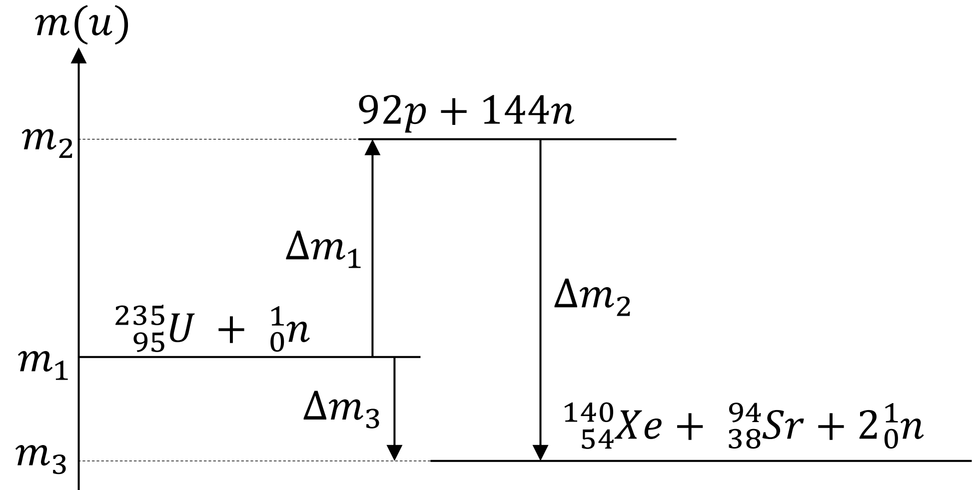
حيث:

- $\Delta E_1 = E_2 - E_1 = [E_l({}_1^2H) + E_l({}_1^3H)]$
- $\Delta E_2 = E_3 - E_2 = -E_l({}_2^4He)$
- $\Delta E_3 = E_3 - E_1 = [E_l({}_1^2H) + E_l({}_1^3H)] - E_l({}_2^4He) = -E_{lib}$

مبدأ الحصيلة الطّاقوية حساب طاقة الرّبط E_l و الطّاقة المحرّرة E_{lib} ، توجد أيضا حصيلة نسمّيها بالحصيلة الكتليّة مبدؤها حساب النّقص الكتلي Δm و كذلك التغيّر في الكتلة بين المتفاعلات و النّواتج Δm.

الحصيلة الكتلية لتفاعل الانشطار:(نفس لتفاعل الاندماج)

$${}_{95}^{235}U + {}_0^1n \rightarrow {}_{54}^{140}Xe + {}_{38}^{94}Sr + 2{}_0^1n$$





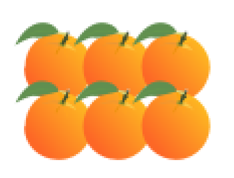
- $\Delta m_1 = m_2 - m_1 = \Delta m({}_{95}^{235}U)$
- $\Delta m_2 = m_3 - m_2 = -[\Delta m({}_{54}^{140}Xe) + \Delta m({}_{38}^{94}Sr)]$
- $\Delta m_3 = m_3 - m_1$



ملحق خاصّ بالمفتاح(4)

تحدّثنا عن النّقص الكتلي Δm : هو الفرق بين كتلة النّكليونات حرّة و كتلة النّواة مُجتمعة، حيث فسّرنا هذا الفرق بأنّ النكليونات عندما تجتمع في النّواة تفقد كتلتها لتتحوّل إلى طاقة. و لتفهم أكثر لاحظ معي هذا المثال:

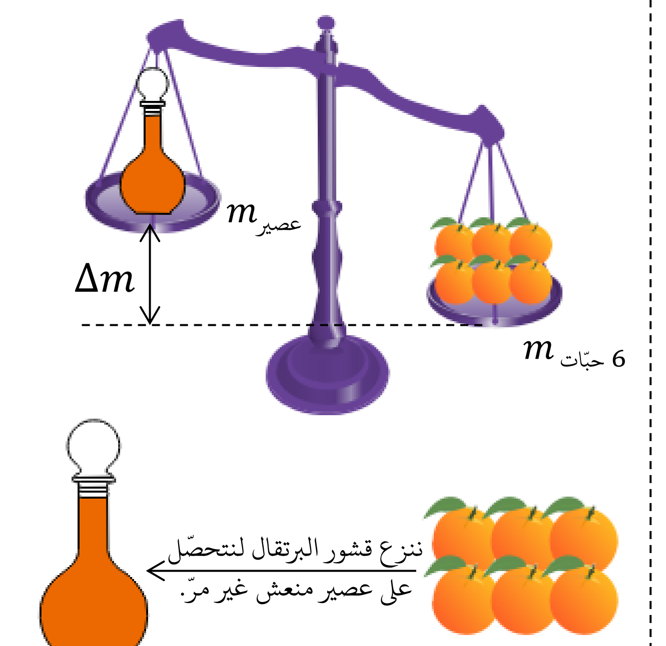
لدينا 6 حبّات من فاكهة البرتقال:



نريدُ صنع عصير البرتقال الصّافي، يجب علينا أوّلا أن نُقشّرها و نتخلّص من البذور (يفقد البرتقال كتلة):

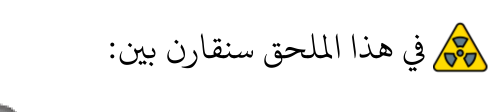


نأتي بميزان و نضع 6 حبّات من البرتقال في كفّة و العصير الصّافي في كفّة أخرى:

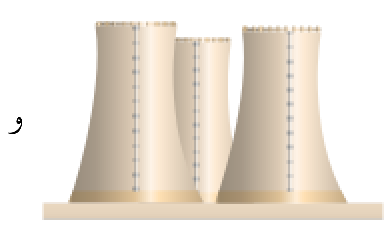


$$\Delta m = m_{6\ حبّات} - m_{عصير}$$

ملحق خاصّ بالمفتاح(10)

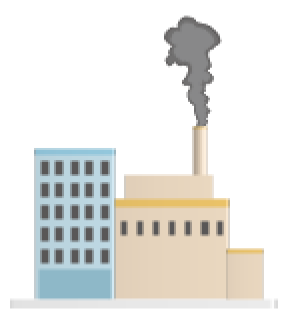


في هذا الملحق سنقارن بين:



مفاعل نووي يعتمد على $^{235}_{92}U$ في إنتاج الطّاقة.

و



مصنع يعتمد على البترول في إنتاج الطّاقة.

1 في المفاعل النّووي:

لدينا تفاعل الانشطار:

$$^{235}_{95}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2^{1}_{0}n$$

تُعطى الطّاقة المحرّرة لانشطار نواة واحدة من اليورانيوم E_{lib}=184,7 MeV و نريد حساب الطّاقة المحرّرة عن انشطار 2,5 g من اليورانيوم (الطّاقة النّووية $E_{نووية}$).

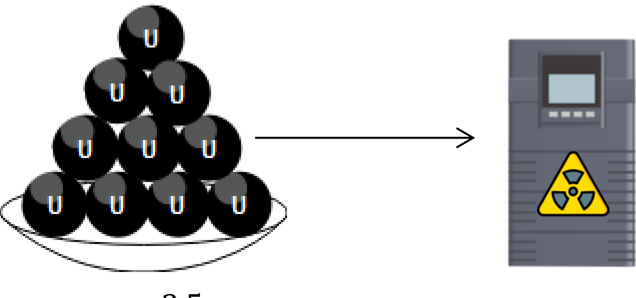
$$E_{نووية} = N \times E_{lib}$$

$$\Rightarrow E_{نووية} = \frac{m}{M} \times N_A \times E_{lib}$$

$$\Rightarrow E_{نووية} = \frac{2,5}{235} \times 6,023 \times 10^{23} \times 184,7$$

$$\Rightarrow E_{نووية} = 6,40 \times 10^{21} \times 184,7$$

$$E_{نووية} = 1,182 \times 10^{24} MeV$$



2 في مصنع البترول:

كلّ 1 Kg من البترول يُنتج طاقة قدرُها $26{,}25\times10^{19}$ MeV

دعنا نحسُبُ كم تُنتجُ 2,5 g بترول من الطّاقة؟

$$1000\ g \longrightarrow 26{,}25\times10^{19}MeV$$

$$2{,}5\ g \longrightarrow E_{\text{بترول}}$$

$$E_{\text{بترول}} = \frac{2{,}5\times26{,}25\times10^{19}}{1000}$$

$$\boxed{E_{\text{بترول}} = 6{,}562\times10^{17}MeV}$$



$m_{\text{بترول}} = 2{,}5\ g$ $E_{\text{بترول}} = 6{,}562\times10^{17}MeV$

نقارن الآن بين $E_{\text{نووية}}$ و $E_{\text{بترول}}$:

$$\frac{E_{\text{نووية}}}{E_{\text{بترول}}} = \frac{1{,}182\times10^{24}}{6{,}562\times10^{17}} = 1{,}8\times10^{6}$$

نستنتج أنّ:

$$\boxed{E_{\text{نووية}} \gg E_{\text{بترول}}}$$

أي أنّ الطّاقة التي تحرّرها غرامات من اليورانيوم تحتاج إلى أطنان من البترول لتُساويها.

فالمفاعل النّووي أفضل بكثير من مصنع البترول في إنتاج الطّاقة.

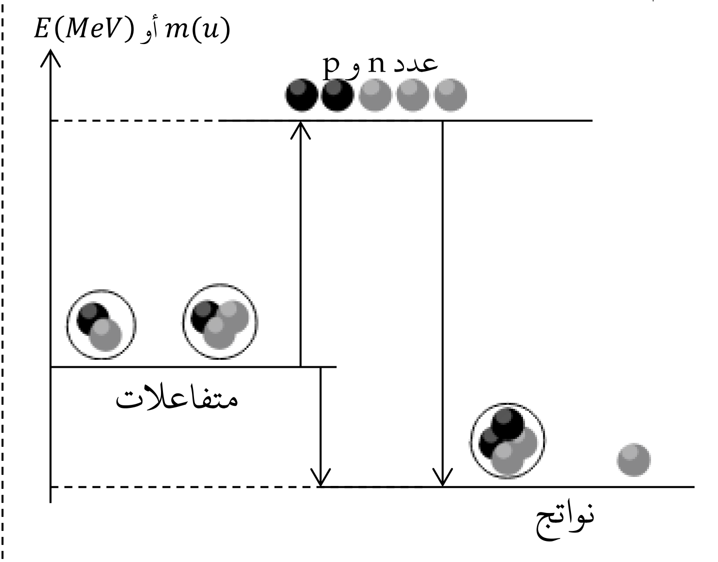
ملحق خاصّ بالمفتاح(11)

في هذا الملحق سنتطرّق إلى الحصيلة الطّاقويّة و الحصيلة الكتليّة:

لدينا تفاعل الاندماج:

$${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$$

نقوم بتمثيل الحصيلة الطّاقويّة:



مثلا لدينا المخطط الطّاقوي، نودّ حساب E_{lib}:

$E(10^4MeV)$

$94\ {}^{1}_{0}n + 146\ {}^{1}_{1}p$ — $E_2 = 22{,}537$

${}^{239}_{94}Pu + {}^{1}_{0}n$ — $E_1 = 22{,}362$

${}^{135}_{52}Te + {}^{102}_{42}Mo + 3{}^{1}_{0}n$ — $E_3 = 22{,}321$

$$\Delta E_3 = E_3 - E_1 = -E_{lib}$$

$$\Longrightarrow 22{,}321 - 22{,}362 = -E_{lib}$$

$$\Longrightarrow \boxed{E_{lib} = 410\ MeV}$$



الوحدة (3): الظّواهر الكهربائيّة – الجزء 1

ثنائي القطب RC

الحجر الأساس في الكهرباء

قائمة المفاتيح

- خصائص المكثّفة
- شحن المكثّفة
- تفريغ المكثّفة
- الطّاقة المخزّنة في المكثّفة E_C
- زمن نصف الشّحن $t_{1/2}$

★ المعادلات التّفاضلية و حلولها عند شحن و تفريغ المكثّفة.

★ استغلال البيانات و استخراج الثّوابت.

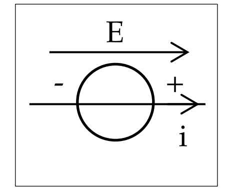
مفاتيح الإجابة عن أسئلة الوحدة الثالثة

"الـــظّـــواهــــر الكـــهربائـيّـــة"

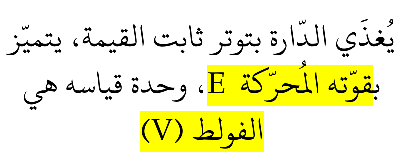
" الحجر الأساس في الكهرباء"

⭐ في هذه الوحدة سنتطرّق إلى (4) عناصر أساسيّة نركّبُها في الدّارة الكهربائية، هي:

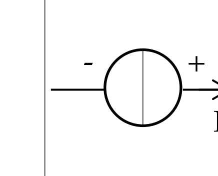
1 عنصر مُغذِّي:



المولّد المثالي للتوتّر



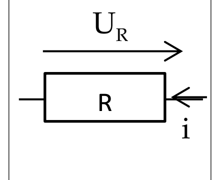
يُغذّي الدّارة بتوتر ثابت القيمة، يتميّز بقوّته المُحرّكة E، وحدة قياسه هي الفولط (V)



المولّد المثالي للتيار

يُغذّي الدّارة بتيار ثابت الشّدة، يتميّز بشدّته الثابتة I، وحدة قياسه هي الأمبير (A)

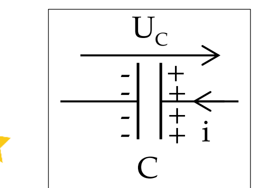
2 عنصر مُغذَّى:



النّاقــل الأومــي

يتميّز بمقاومته R حيثُ يُحوّل الطّاقة الكهربائية التي يستقبلُها إلى حرارة بفعل جول، وحدة قياسه هي الأوم (Ω).

$$U_R = R.i$$



المــكــثّـفــة

تتميّز بسعتها C، مقدار حملها للشّحن الكهربائية، وحدة قياسها هي الفاراد (F).

$$U_C = \frac{q}{C}$$

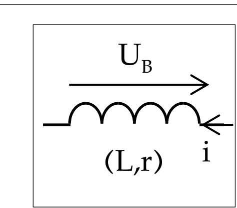
q: شحنة المكثّفة بالكولوم (C)

⭐ عند شحن المكثّفة بمولّد للتوتّر:

$q = C.U_C$ و $i = \frac{dq}{dt} = C.\frac{dU_C}{dt}$

⭐ عند شحن المكثّفة بمولّد للتيّار:

$q = C.U_C$ و $q = I.t$

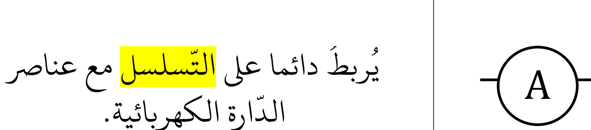


الوشـــيـــعـــة

تتميّز بمقاومتها r و ذاتيتها (معامل تحريضها) L، وحدة قياسها الهنري (H)

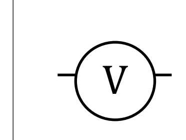
$$U_B = L.\frac{di}{dt} + r.i$$

3 أجهزة القياس:



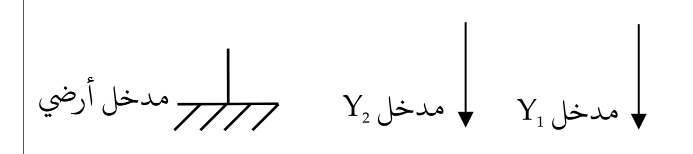
جهاز الأمبير متر

يُربطَ دائما على التّسلسل مع عناصر الدّارة الكهربائية.



جهاز الفولطمتر

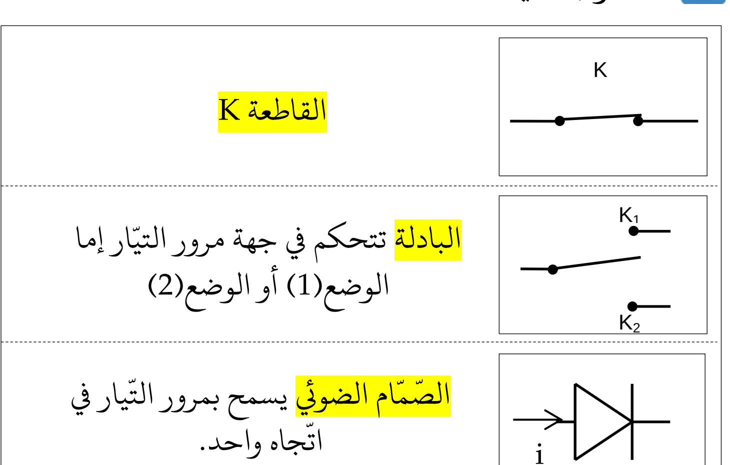
يُربطَ دائما على التّفرّع مع عناصر الدّارة الكهربائية.



جهاز راسم الاهتزاز المهبطي

يُربطَ دائما على التّفرّع مع عناصر الدّارة الكهربائية. و هو يسمح برسم بيان التوتّر الكهربائي بين طرفي عنصر كهربائي بدلالة الزّمن $U = f(t)$.

4 عناصر إضافيّة:



القاطعة K

البادلة تتحكم في جهة مرور التيّار إما الوضع(1) أو الوضع(2)

الصّمّام الضوئي يسمح بمرور التّيار في اتّجاه واحد.



التجهيزات المستعملة في بناء الدارّات الكهربائية المترجمة للرّموز الاصطلاحية

(تخيّلها أثناء بناء دارّة كهربائية فبعض الثّانويات تفتقر للأجهزة)

المولّد المثالي للتوتّر	مولّد التيّار	المكثّفة
ناقل أومي	وشيعة	الأمبير متر
الفولطمتر	قاطعة و بادلة	صمّام كهربائي

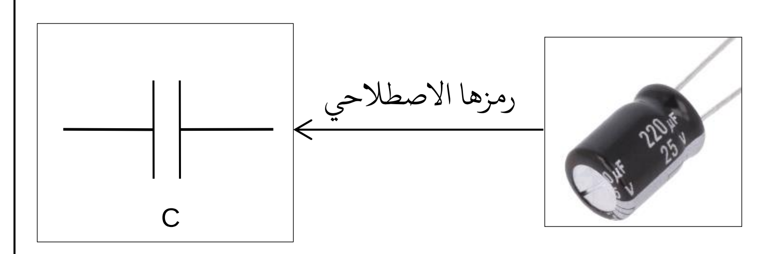
- عنصر مُغذّي (أخضر)
- عنصر مُغذّى (أزرق)
- أجهزة القياس (أصفر)
- عناصر إضافيّة (رمادي)

ثُـــنائـــي القُـــطب RC

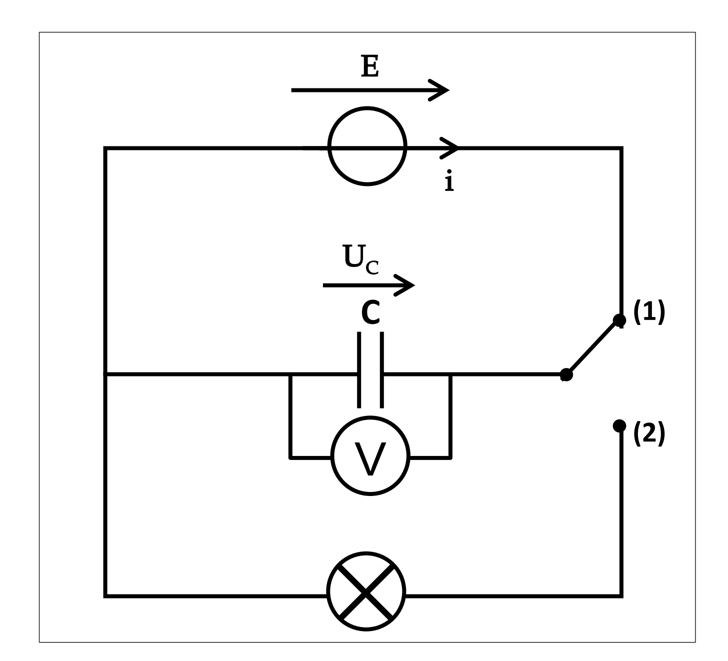
المفتاح الأوّل:

" خصـائـص المـكـثّـفة"

تعريفها: المكثّفة عنصر كهربائي قادر على تخزين شحنة كهربائية، تتكون من ناقلين كهربائيين، يُدعى كل منهما لبوس المكثّفة، يفصل بينهما مادّة عازلة.



دراسة دور المكثّفة: نحقّق التّجربة التّالية:



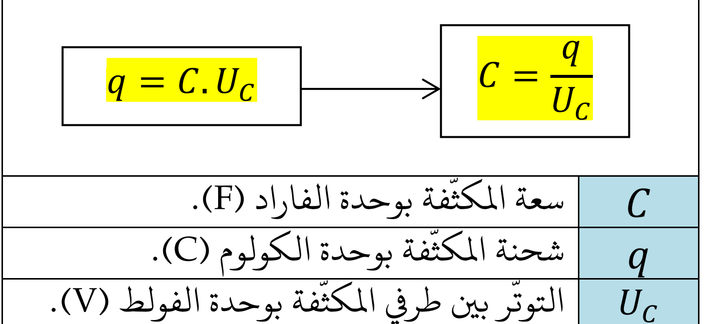
1 **وضع البادلة في الوضع (1):** يزداد التوتّر بين طرفي المكثّفة إلى أن يبلغ قيمة القوّة المحرّكة E.(شحن المكثّفة)

2 **وضع البادلة في الوضع (2):** يتوهّج المصباح و يتناقص التوتر بين طرفي المكثّفة تدريجيّا إلى أن ينعدم فينطفئ المصباح. (تفريغ المكثّفة)

تستعمل المكثّفة في تخزين و تفريغ الشّحنات الكهربائية

سعة المكثّفة: تتميز المكثّفة بسعتها C و التي تُقدّر بوحدة الفاراد F.

و تُعطى بالعلاقة:



C	سعة المكثّفة بوحدة الفاراد (F).
q	شحنة المكثّفة بوحدة الكولوم (C).
U_C	التوتّر بين طرفي المكثّفة بوحدة الفولط (V).

و لوحدة الفاراد أجزاء هي:

- $1\ \mu F = 10^{-6}\ F$ ← ميكرو فاراد
- $1\ nF = 10^{-9}\ F$ ← نـانــو فاراد
- $1\ pF = 10^{-12}\ F$ ← بـيكو فاراد

شدّة التيّار الكهربائي: هي كميّة الكهرباء التي تمرّ عبر مقطع من ناقل كهربائي خلال الزّمن.

أي أنّ شدّة التيّار تتعلّق بعدد الإلكترونات التي تمرّ عبر هذا المقطع خلال 1 ثانية.

تيّار ثابت (I)	$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$
تيّار مُتغيّر (i)	$i = \frac{dq}{dt}$

و في مايلي تغيّرات شدّة التيار الكهربائي i أثناء شحن و تفريغ المكثّفة.

أثناء الشحن $i > 0$	أثناء التّفريغ $i < 0$
$U_C = U_{AB}$ ، B - || + A ، i ، $\frac{dq_A}{dt} > 0$	$U_C = U_{AB}$ ، B - || + A ، i ، $\frac{dq_A}{dt} < 0$

العلاقة بين شدّة التيّار i و التوتر بين طرفي المكثّفة U_C:

لدينا:

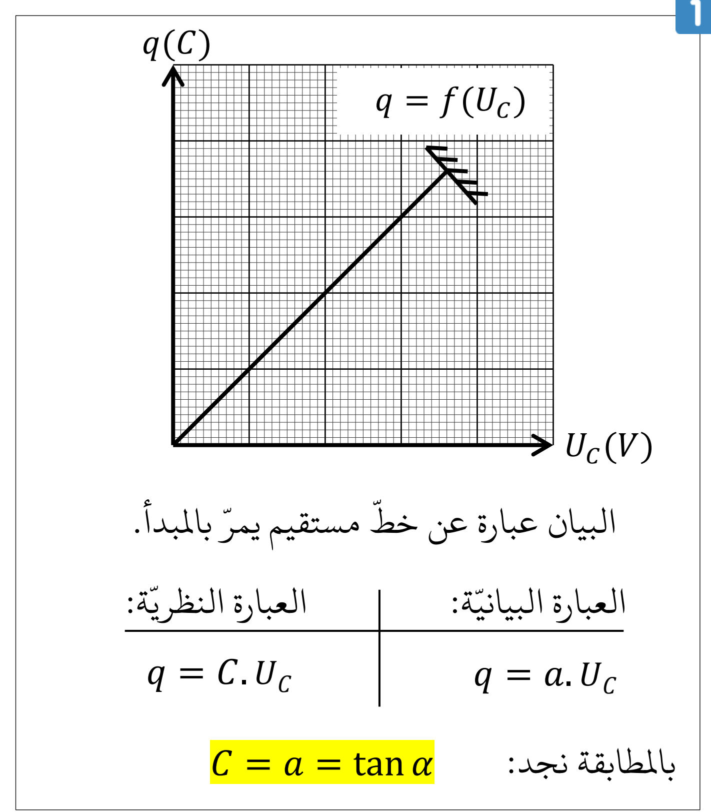
$$\begin{cases} i = \dfrac{dq}{dt} \\ q = C.U_C \end{cases}$$

و منه:

$$i = \frac{d}{dt}(C.U_C) \Rightarrow \boxed{i = C.\frac{dU_C}{dt}}$$

يُمكن استنتاج سعة المكثّفة C انطلاقا من البيانين التّاليين:

1

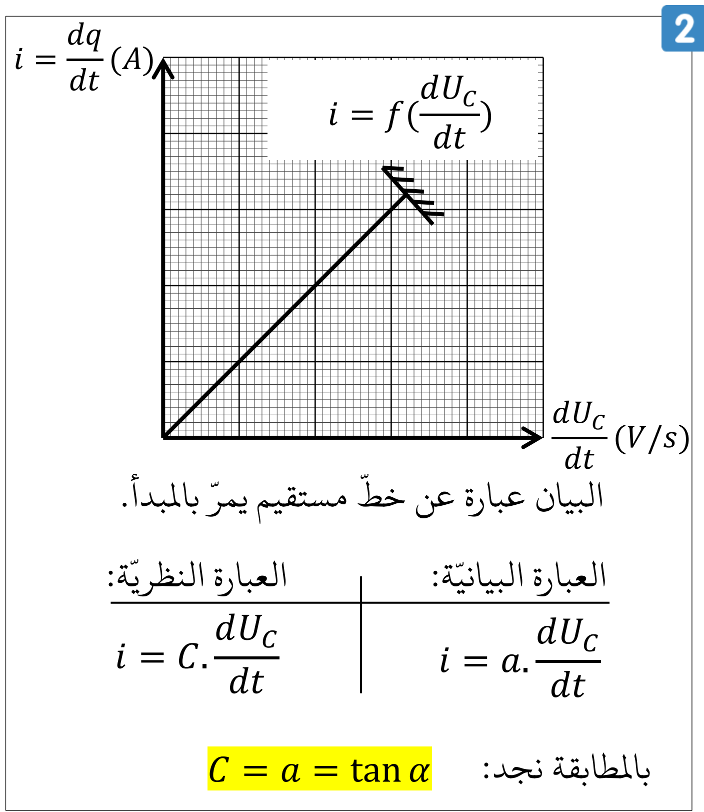


البيان عبارة عن خطّ مستقيم يمرّ بالمبدأ.

العبارة البيانيّة:	العبارة النظريّة:
$q = a.U_C$	$q = C.U_C$

بالمطابقة نجد: $C = a = \tan\alpha$

2



البيان عبارة عن خطّ مستقيم يمرّ بالمبدأ.

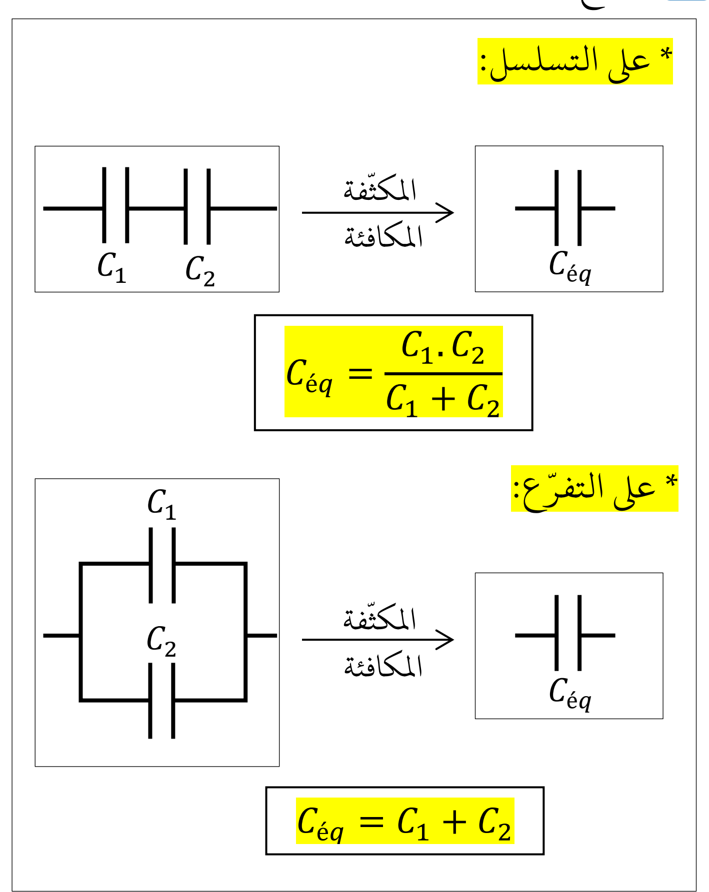
العبارة البيانيّة:	العبارة النظريّة:
$i = a.\dfrac{dU_C}{dt}$	$i = C.\dfrac{dU_C}{dt}$

بالمطابقة نجد: $C = a = \tan\alpha$

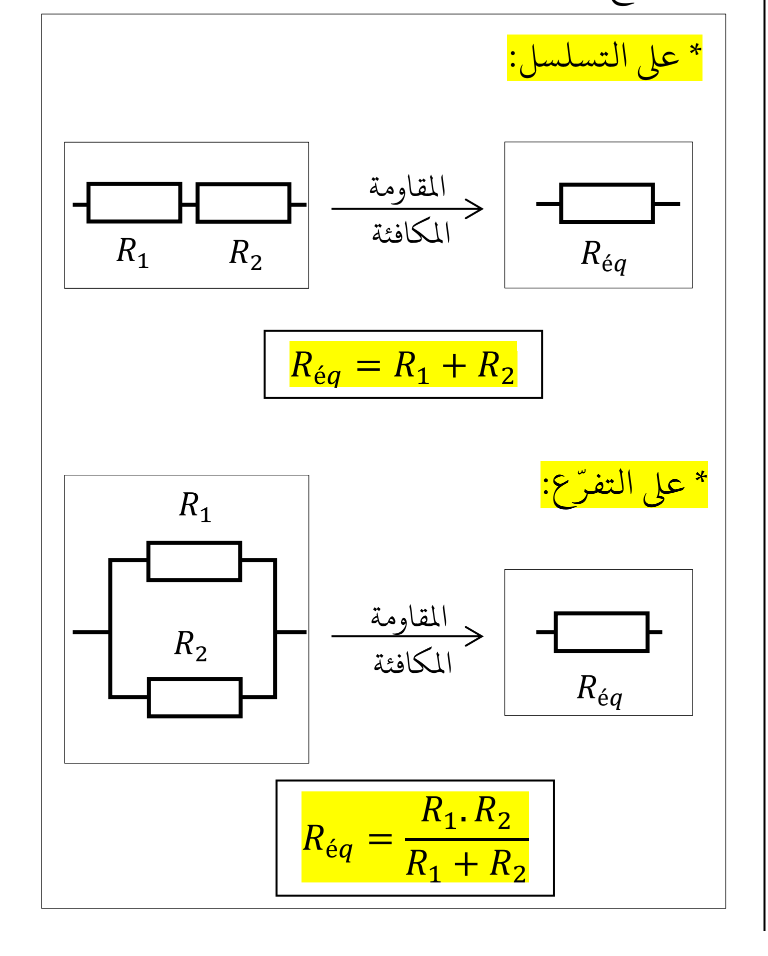


تجميع المكثّفات و المقاومات:

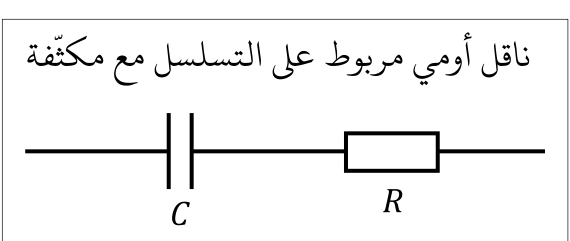
1 تجميع المكثّفات:



2 تجميع المقاومات:

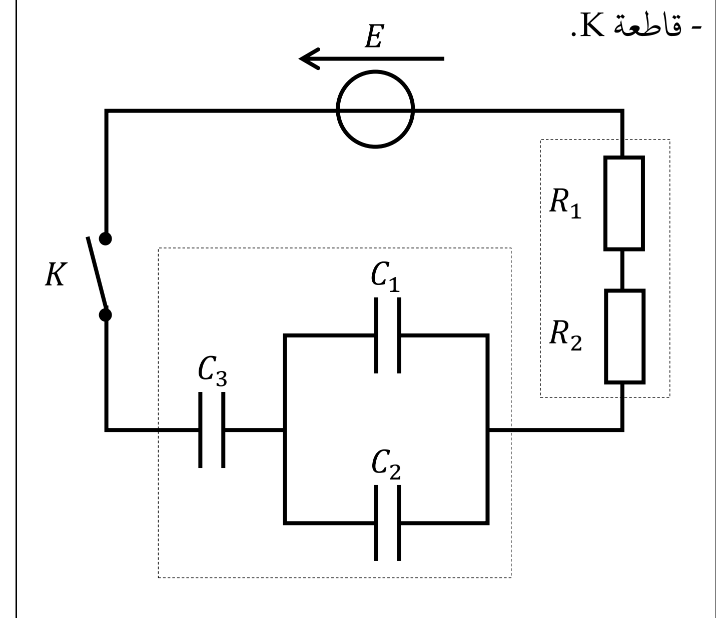


ثُنائي القطب الذي ندرسُه هو "ثنائي القطب RC".



التّدريب (1)

* تتكوّن دارّة كهربائية من:
- مولّد للتوتّر الكهربائي قوّته المُحرّكة $E=6\ V$.
- ناقلين أوميّين مقاومتهما $R_1= 2\ K\Omega$ و $R_2= 3\ K\Omega$.
- مكثّفتين سعتهما $C_1=1\ \mu F$، $C_2=3\ \mu F$ و $C_3=6\ \mu F$.
- قاطعة K.

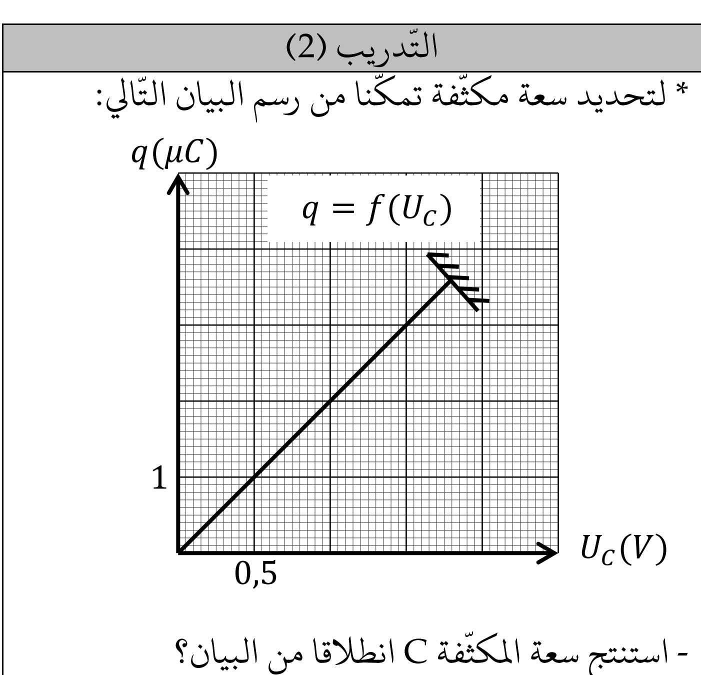


1- أُحسب قيمة المقاومة المكافئة $R_{éq}$؟ماذا تستنتج؟

2- أُحسب قيمة المكثّفة المكافئة $C_{éq}$؟ماذا تستنتج؟

التّدريب (2)

* لتحديد سعة مكثّفة تمكّنا من رسم البيان التّالي:

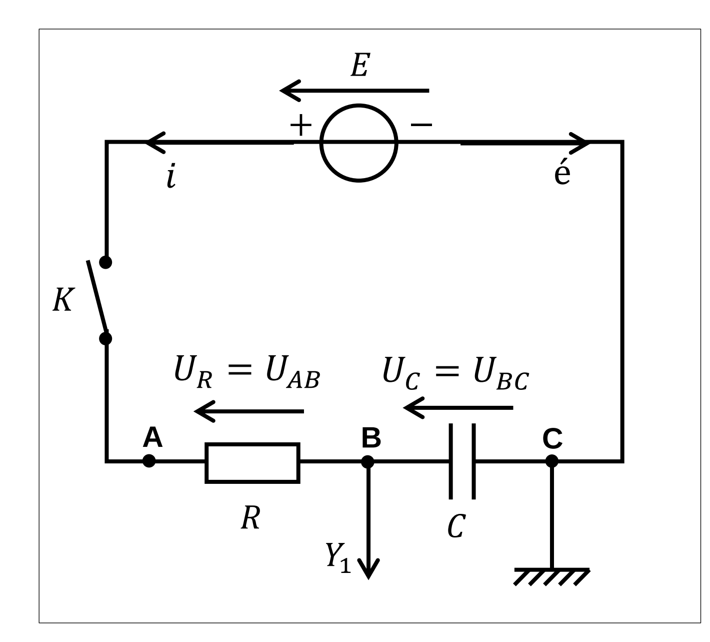


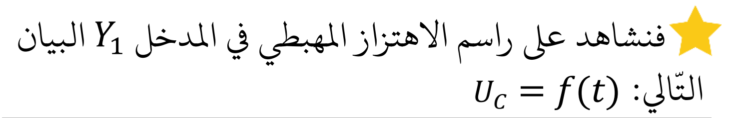
- استنتج سعة المكثّفة C انطلاقا من البيان؟

المفتاح الثّاني:

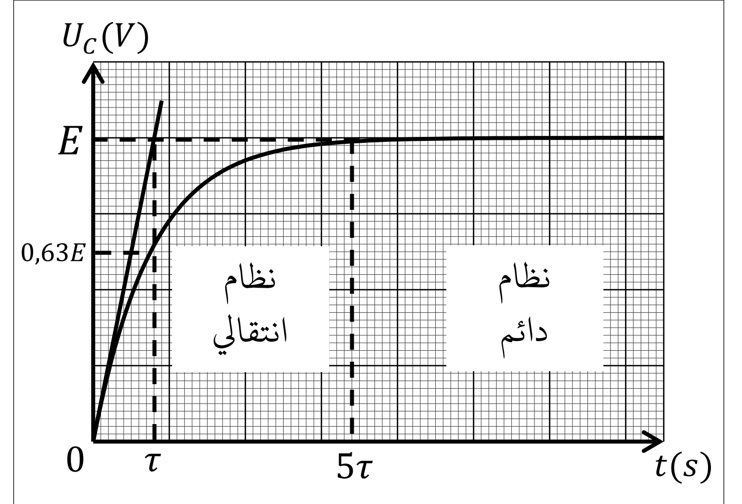
"شحن المكثّفة"

نُنجز التركيب التجريبي التّالي، (دارة الشّحن).





فنشاهد على راسم الاهتزاز المهبطي في المدخل Y_1 البيان التّالي: $U_C = f(t)$



يُبرز البيان نظامين:

نظام انتقالي	نظام دائم
$t \in [0 - 5\tau]$	$t \in [5\tau - \infty]$
تزداد قيمة التوتر بين طرفي المكثّفة $U_C(t)$ من قيمة معدومة إلى قيمة ثابتة E	تثبُت القيمة $U_C(t)$ عند القيمة E.

**تزداد مدّة الشحن كلّما ازدادت قيمة C أو R.

⭐ <u>ثابت الزّمن τ :</u> هو الزّمن اللاّزم لشحن 63% من المكثّفة.

⭐ <u>فائدتهُ:</u> تقدير مدّة الشحن أو التّفريغ.

⭐ يُمكن إيجاد τ بعدّة طرق: (حسابيّا أو بيانيّا)

1 حسابهُ بالعلاقة $\tau = R.C$

2 فاصلة نقطة تقاطع المماس عند t=0 مع المستقيم المقارب Y=E.(لاحظ البيان السّابق)

3 $U_C(\tau) = 0{,}63E$ على محور التّراتيب ثمّ نُسقط على محور الأزمنة لنجد τ.(لاحظ البيان السّابق)

⭐ <u>إثبات أنّ ثابت الزّمن τ متجانس مع الزّمن:</u>

نعلم أنّ: $\tau = R.C$

بواسطة التّحليل البعدي:

$$[\tau] = [R].[C]$$

$$\begin{cases} U_R = R.i \Rightarrow [R] = \dfrac{[U]}{[I]} \\ C = \dfrac{q}{U_C} \Rightarrow [C] = \dfrac{[q]}{[U]} \\ i = \dfrac{dq}{dt} \Rightarrow dq = i.dt \\ \Rightarrow [q] = [I].[T] \end{cases}$$

بالتعويض نجد:

$$[\tau] = [R].[C]$$

$$\Rightarrow [\tau] = \frac{[U]}{[I]}.\frac{[q]}{[U]}$$

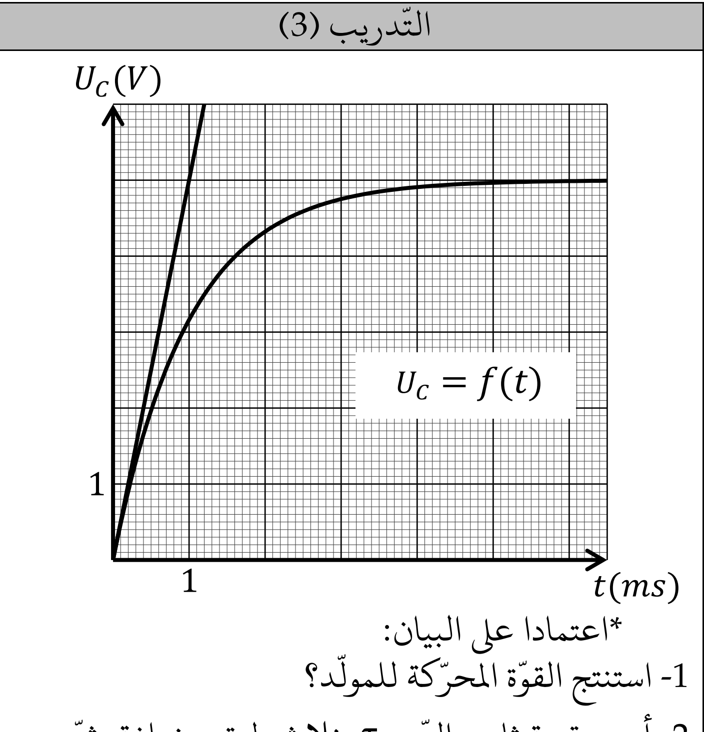
$$\Rightarrow [\tau] = \frac{[q]}{[I]}$$

$$\Rightarrow [\tau] = \frac{[I].[T]}{[I]}$$

$$\Rightarrow [\tau] = [T]$$

و منه ثابت الزّمن τ متجانس مع الزّمن و وحدتُه هي الثّانية(s).

التّدريب (3)



*اعتمادا على البيان:

1- استنتج القوّة المحرّكة للمولّد؟

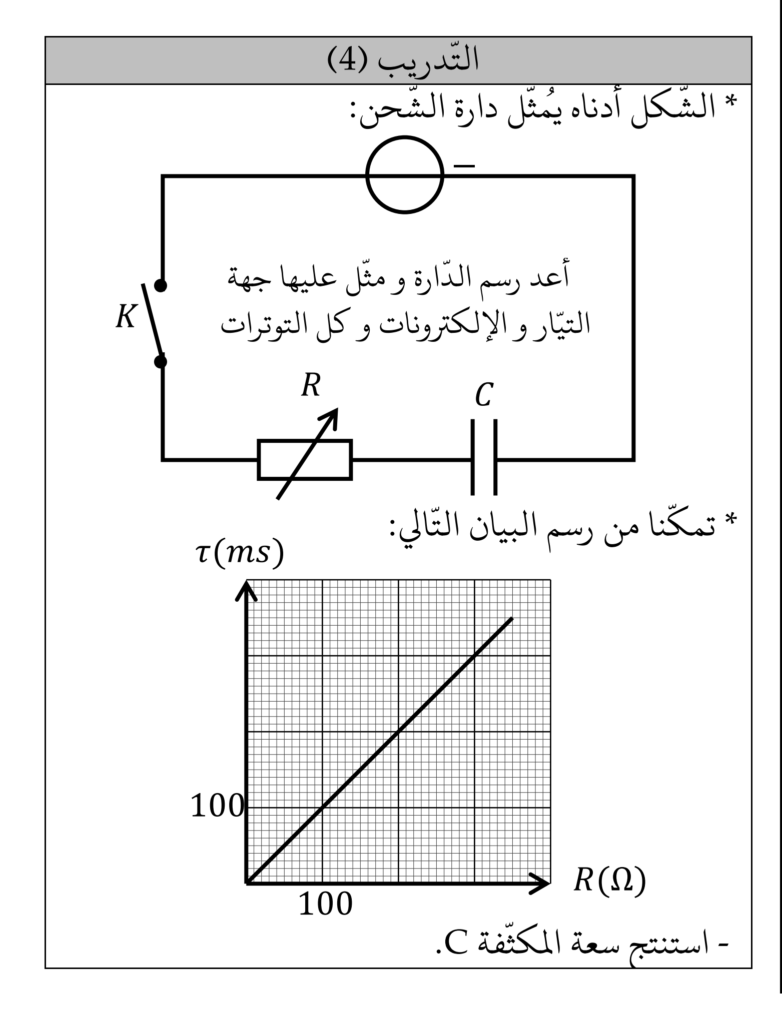
2- أوجد قيمة ثابت الزّمن τ بثلاث طرق مختلفة. ثمّ استنتج سعة المكثّفة C.علما أنّ R= 1 KΩ.

3- أُحسب قيمة $U_C(5\tau)$، ماذا يمثّل الزّمن $t = 5\tau$؟.

4- لو استبدلنا المكثّفة التي سعتها C بمكثّفة أخرى سعتها C′=2.C، ارسم كيفيا في نفس المعلم السّابق تطوّر البيان الذي يمكن مشاهدته على جهاز راسم الاهتزاز المهبطي.

التّدريب (4)

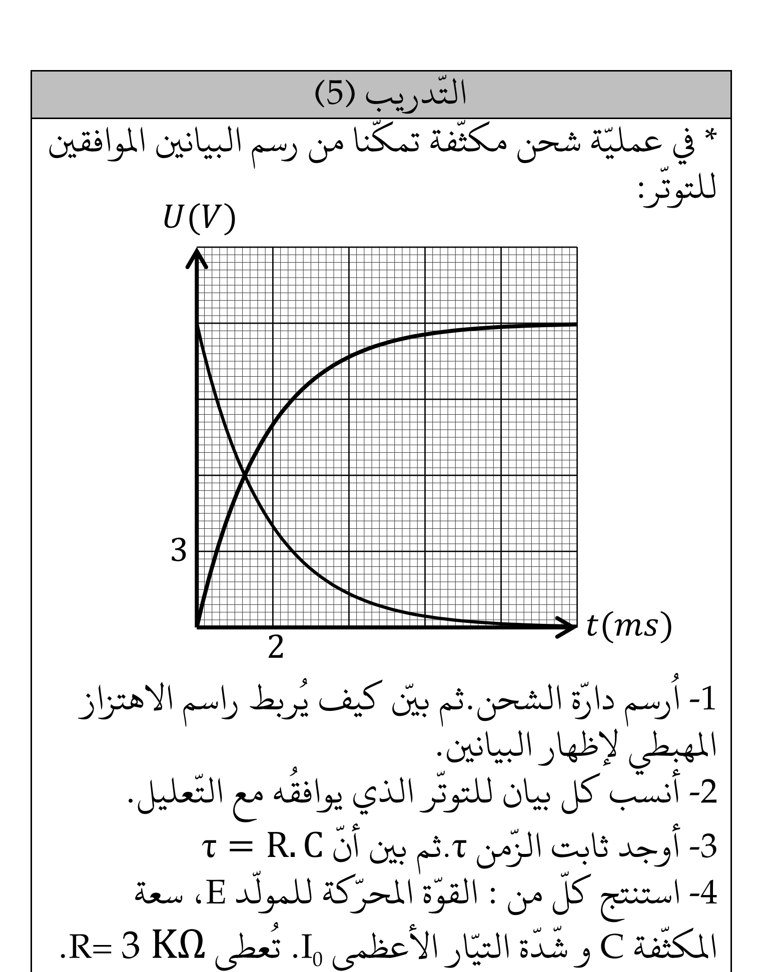
* الشّكل أدناه يُمثّل دارة الشّحن:



* تمكّنا من رسم البيان التّالي:

- استنتج سعة المكثّفة C.

التّدريب (5)



* في عمليّة شحن مكثّفة تمكّنا من رسم البيانين الموافقين للتوتّر:

1- أرسم دارّة الشحن.ثم بيّن كيف يُربط راسم الاهتزاز المهبطي لإظهار البيانين.

2- أنسب كل بيان للتوتّر الذي يوافقُه مع التّعليل.

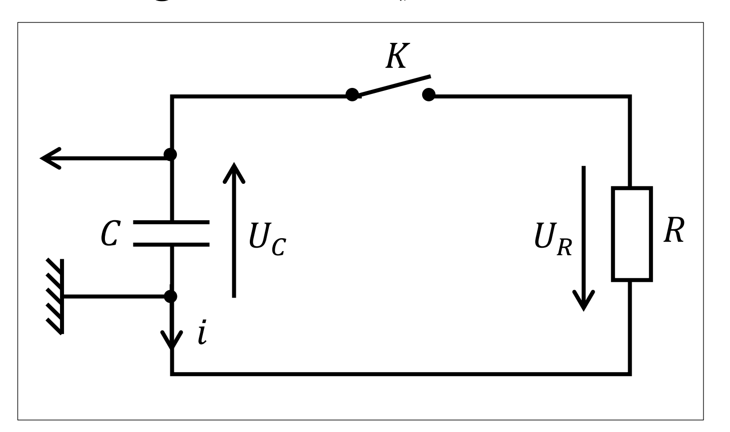
3- أوجد ثابت الزّمن τ.ثم بين أنّ $\tau = R.C$

4- استنتج كلّ من : القوّة المحرّكة للمولّد E، سعة المكثّفة C و شدّة التيّار الأعظمي I_0. تُعطى $R= 3\ K\Omega$.

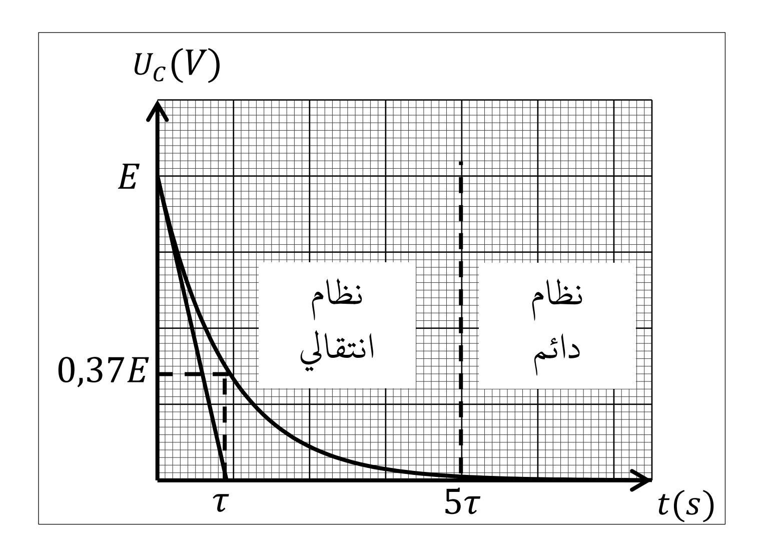
المفتاح الثّالث:

"تفريـــغ المكثّفة"

نُنجز التركيب التجريبي التّالي، (دارة التّفريغ).



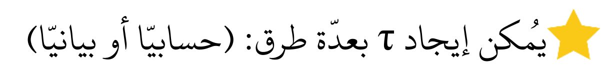
فنشاهد على راسم الاهتزاز المهبطي في المدخل Y_1 البيان التّالي: $U_C = f(t)$



يُبرز البيان نظامين:

نظام انتقالي	نظام دائم
$t \in [0 - 5\tau]$	$t \in [5\tau - \infty]$
تتناقص قيمة التوتر بين طرفي المكثّفة $U_C(t)$ من قيمة E حتّى تنعدم.	تصبح قيمة $U_C(t)$ تقارب الصّفر.

**تزداد مدّة التّفريغ كلّما ازدادت قيمة C أو R



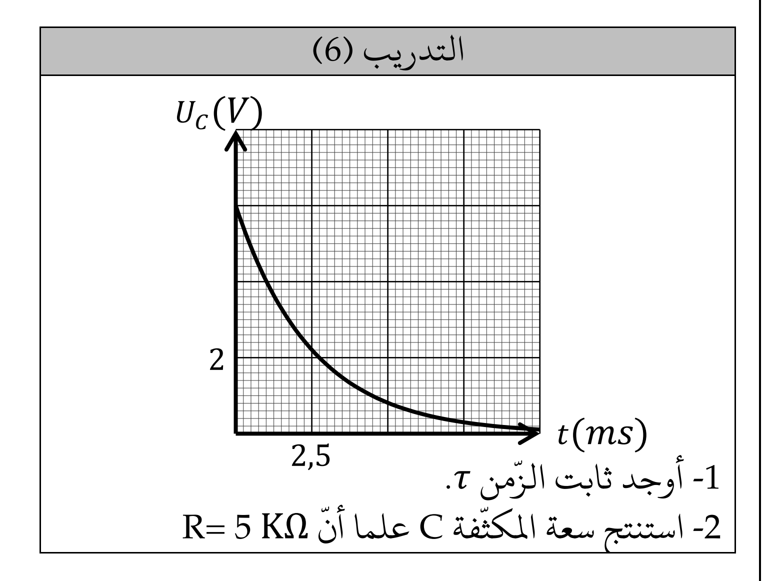
يُمكن إيجاد τ بعدّة طرق: (حسابيّا أو بيانيّا)

1 حسابهُ بالعلاقة $\tau = R.C$

2 فاصلة نقطة تقاطع المماس عند t=0 مع محور الأزمنة .(لاحظ البيان السّابق)

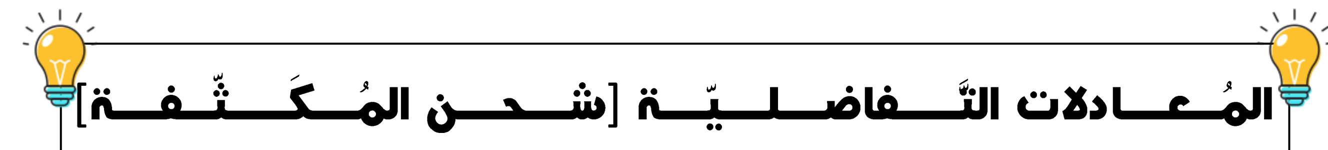
3 $U_C(\tau) = 0{,}37E$ على محور التّراتيب ثمّ نُسقطُ على محور الأزمنة لنجد τ.(لاحظ البيان السّابق)

التدريب (6)

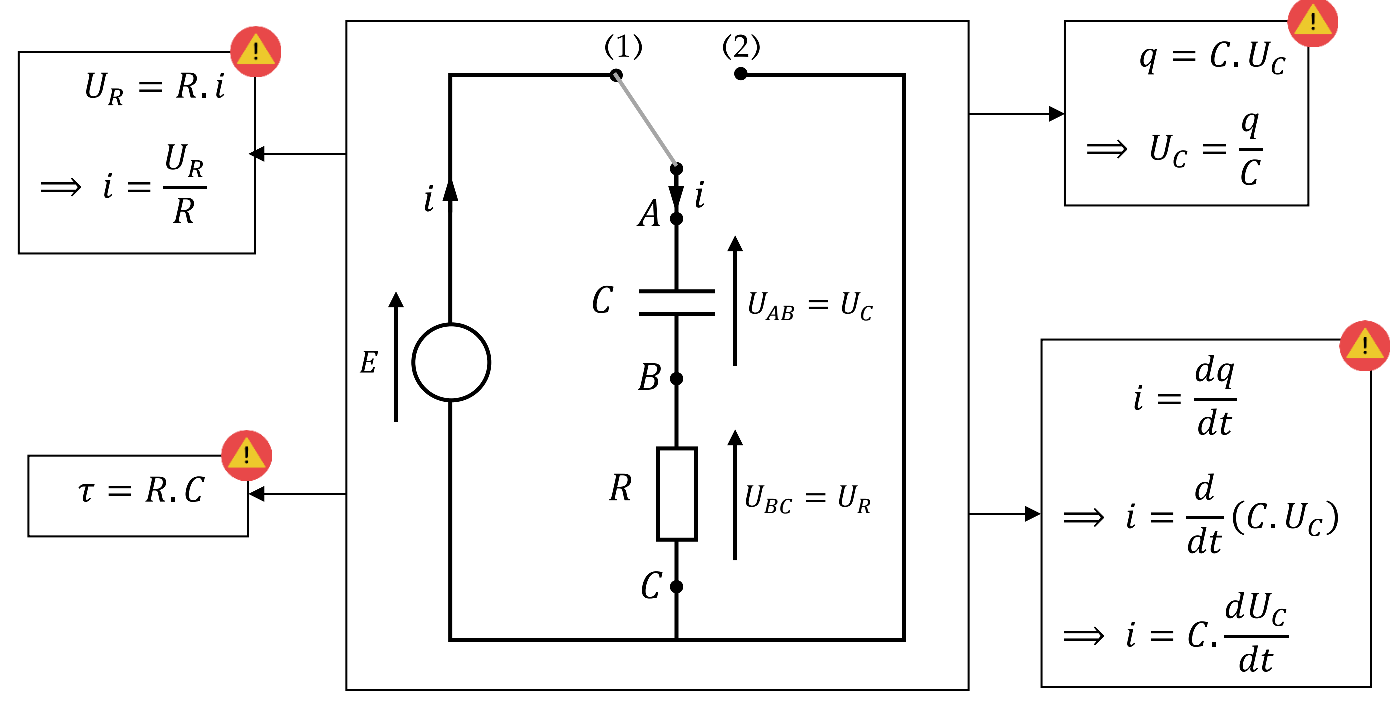


1- أوجد ثابت الزّمن τ.

2- استنتج سعة المكثّفة C علما أنّ $R= 5\ K\Omega$







بتطبيق قانون جمع التّوترات:

1 بدلالة التوتّر U_C	2 بدلالة الشحنة q	3 بدلالة التوتّر U_R	4 بدلالة شدّة التيّار i
$U_C + U_R = E$ $U_C + R.i = E$ $U_C + R.\frac{dq}{dt} = E$ $U_C + R.C\frac{dU_C}{dt} = E$ **نضرب المساواة $\times\frac{1}{RC}$ $\frac{U_C}{RC} + \frac{dU_C}{dt} = \frac{E}{RC}$ *يُعطى حلّ المعادلة التفاضلية: $U_C(t) = E(1 - e^{-t/RC})$	$U_C + U_R = E$ $U_C + R.i = E$ $\frac{q}{C} + R.\frac{dq}{dt} = E$ **نضرب المساواة $\times\frac{1}{R}$ $\frac{q}{RC} + \frac{dq}{dt} = \frac{E}{R}$ *يُعطى حلّ المعادلة التفاضلية: $q(t) = Q_{max}(1 - e^{-t/RC})$ $q(t) = CE(1 - e^{-t/RC})$	$U_C + U_R = E$ $\frac{q}{C} + U_R = E$ **نشتقّ الطّرفين $\frac{1}{C}.\frac{dq}{dt} + \frac{dU_R}{dt} = \frac{dE}{dt}$ $\frac{1}{C}.i + \frac{dU_R}{dt} = 0$ $\frac{U_R}{RC} + \frac{dU_R}{dt} = 0$ *يُعطى حلّ المعادلة التفاضلية: $U_R(t) = Ee^{-t/RC}$	$U_C + U_R = E$ $\frac{q}{C} + U_R = E$ **نشتقّ الطّرفين $\frac{1}{C}.\frac{dq}{dt} + \frac{dU_R}{dt} = \frac{dE}{dt}$ $\frac{1}{C}.i + \frac{d(R.i)}{dt} = 0$ $\frac{1}{C}.i + R.\frac{di}{dt} = 0$ **نضرب المساواة $\times\frac{1}{R}$ $\frac{i}{RC} + \frac{di}{dt} = 0$ *يُعطى حلّ المعادلة التفاضلية: $i(t) = I_0e^{-t/RC}$ $i(t) = \frac{E}{R}e^{-t/RC}$

1

$U_C(t) = E(1 - e^{-t/RC})$

**لرسم البيان $U_C = f(t)$:

$t = 0 \Rightarrow U_C(0) = E(1 - e^{-0/RC}) = 0$

$t = \infty \Rightarrow U_C(\infty) = E(1 - e^{-\infty/RC}) = E$

t	0	∞
$U_C(t)$	0	E

$U_C(V)$

E

$0,63E$

0 τ 5τ $t(s)$

2

$q(t) = Q_{max}(1 - e^{-t/RC})$

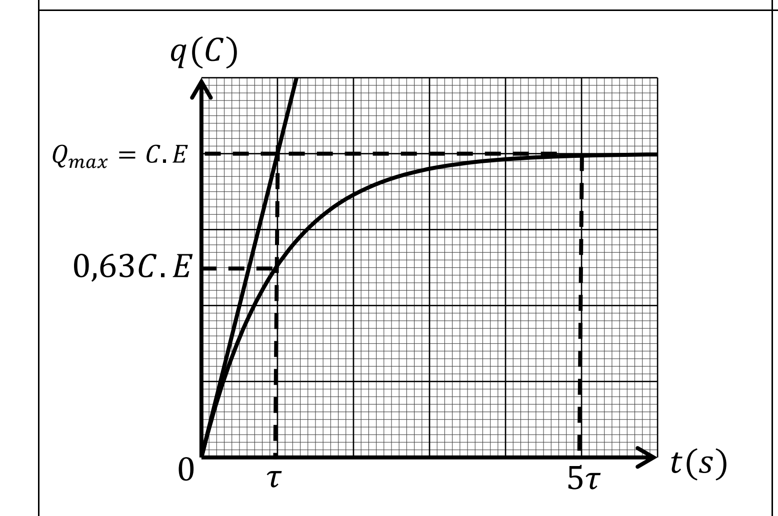
$q(t) = C.E(1 - e^{-t/RC})$

**لرسم البيان $q = f(t)$:

$t = 0 \Rightarrow q(0) = C.E(1 - e^{-0/RC}) = 0$

$t = \infty \Rightarrow q(\infty) = C.E(1 - e^{-\infty/RC}) = C.E$

t	0	∞
$q(t)$	0	$C.E$



3

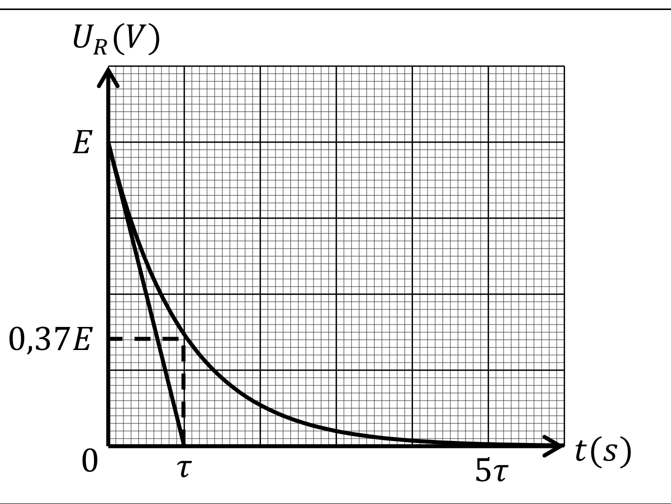
$U_R(t) = E.e^{-t/RC}$

**لرسم البيان $U_R = f(t)$:

$t = 0 \Rightarrow U_R(0) = E.e^{-0/RC} = E$

$t = \infty \Rightarrow U_R(\infty) = E.e^{-\infty/RC} = 0$

t	0	∞
$U_R(t)$	E	0



4

$i(t) = I_0.e^{-t/RC}$

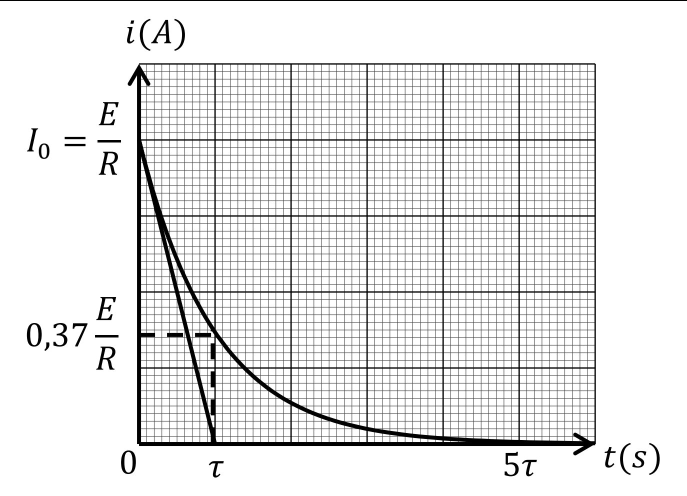
$$i(t) = \frac{E}{R}.e^{-t/RC}$$

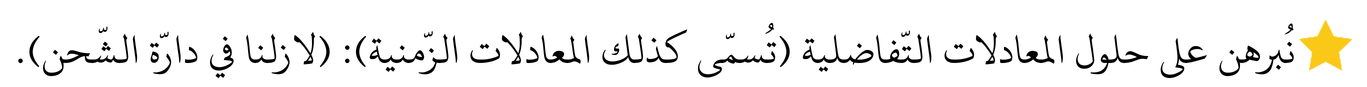
**لرسم البيان $i = f(t)$:

$t = 0 \Rightarrow i(0) = I_0.e^{-0/RC} = I_0$

$t = \infty \Rightarrow i(\infty) = I_0.e^{-\infty/RC} = 0$

t	0	∞
$i(t)$	$I_0 = \frac{E}{R}$	0





نُبرهن على حلول المعادلات التّفاضلية (تُسمّى كذلك المعادلات الزّمنية): (لازلنا في دارّة الشّحن).

1 نعلم أنّ: $U_C(t) = E(1 - e^{-t/RC})$ (تُقبل دون بُرهان).

2 سؤال: استنتج العبارة الزّمنية بدلالة الشّحنة $q(t)$.

$$q(t) = C.U_C(t)$$

$$\Rightarrow q(t) = C.E(1 - e^{-t/RC})$$

$$\Rightarrow \boxed{q(t) = Q_{max}(1 - e^{-t/RC})}$$

3 سؤال: استنتج العبارة الزّمنية بدلالة الشّحنة $U_R(t)$.

$$U_R(t) = R.i(t)$$

$$\Rightarrow U_R(t) = R.\frac{dq(t)}{dt}$$

$$\Rightarrow U_R(t) = R.C\ \frac{dU_C(t)}{dt}$$

$$\Rightarrow U_R(t) = R.C\ \frac{d}{dt}\left[E\left(1 - e^{-t/RC}\right)\right]$$

$$\Rightarrow U_R(t) = R.C.E\ \frac{d}{dt}\left[\left(1 - e^{-t/RC}\right)\right]$$

$$\Rightarrow U_R(t) = \cancel{R.C}.E.\frac{1}{\cancel{R.C}}.e^{-t/RC}$$

$$\Rightarrow \boxed{U_R(t) = E.e^{-t/RC}}$$

راجع الاشتقاق في الفيزياء
الوحدة-01- المفتاح 08

4 سؤال: استنتج العبارة الزّمنية بدلالة الشّحنة $i(t)$.

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

$$\Rightarrow i(t) = C.\frac{dU_C(t)}{dt}$$

$$\Rightarrow i(t) = C.\frac{d}{dt}\left[E\left(1 - e^{-t/RC}\right)\right]$$

$$\Rightarrow i(t) = CE.\frac{d}{dt}\left[\left(1 - e^{-t/RC}\right)\right]$$

$$\Rightarrow i(t) = \cancel{C}E.\frac{1}{R.\cancel{C}}.e^{-t/RC}$$

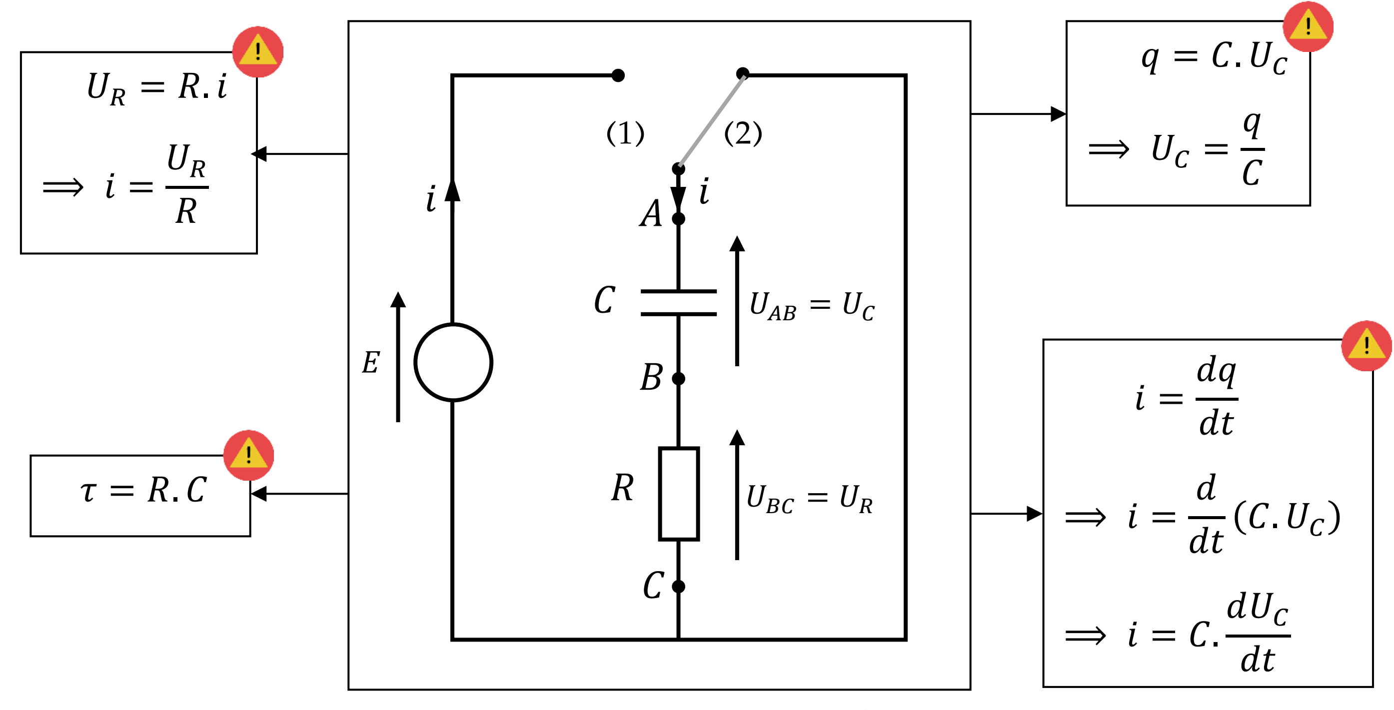
$$\Rightarrow i(t) = \frac{E}{R}.e^{-t/RC}$$

$$\Rightarrow \boxed{i(t) = I_0 e^{-t/RC}}$$



المُـعــادلات التَّــفاضــلــيّــة [تـفـريـغ المُـكَــثّــفـة]

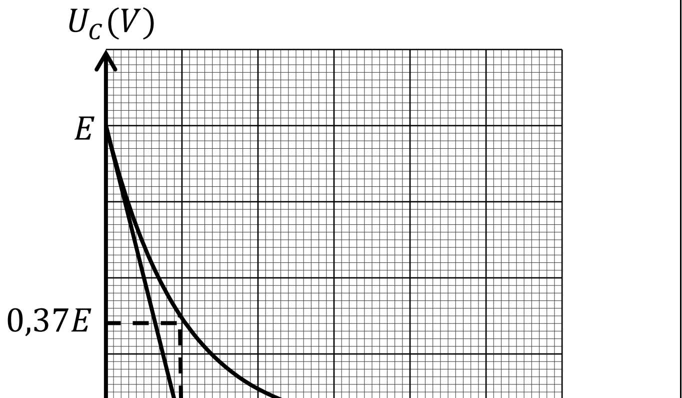
رسم دارّة الشّحن (البادلة في الوضع (2))



بتطبيق قانون جمع التّوترات:

1 بدلالة التوتّر U_C	2 بدلالة الشحنة q	3 بدلالة التوتّر U_R	4 بدلالة شدّة التيّار i
$U_C + U_R = 0$ $U_C + R.i = 0$ $U_C + R.\frac{dq}{dt} = 0$ $U_C + R.C\frac{dU_C}{dt} = 0$ **نضرب المساواة $\times\frac{1}{RC}$ $\frac{U_C}{RC} + \frac{dU_C}{dt} = 0$ *يُعطى حلّ المعادلة التفاضلية: $U_C(t) = Ee^{-t/RC}$	$U_C + U_R = 0$ $U_C + R.i = 0$ $\frac{q}{C} + R.\frac{dq}{dt} = 0$ **نضرب المساواة $\times\frac{1}{R}$ $\frac{q}{RC} + \frac{dq}{dt} = 0$ *يُعطى حلّ المعادلة التفاضلية: $q(t) = Q_{max}e^{-t/RC}$ $q(t) = CEe^{-t/RC}$	$U_C + U_R = 0$ $\frac{q}{C} + U_R = 0$ **نشتقّ الطّرفين $\frac{1}{C}.\frac{dq}{dt} + \frac{dU_R}{dt} = 0$ $\frac{1}{C}.i + \frac{dU_R}{dt} = 0$ $\frac{U_R}{RC} + \frac{dU_R}{dt} = 0$ *يُعطى حلّ المعادلة التفاضلية: $U_R(t) = -Ee^{-t/RC}$	$U_C + U_R = 0$ $\frac{q}{C} + U_R = 0$ **نشتقّ الطّرفين $\frac{1}{C}.\frac{dq}{dt} + \frac{dU_R}{dt} = 0$ $\frac{1}{C}.i + \frac{d(R.i)}{dt} = 0$ $\frac{1}{C}.i + R.\frac{di}{dt} = 0$ **نضرب المساواة $\times\frac{1}{R}$ $\frac{i}{RC} + \frac{di}{dt} = 0$ *يُعطى حلّ المعادلة التفاضلية: $i(t) = -I_0e^{-t/RC}$ $i(t) = -\frac{E}{R}e^{-t/RC}$

1



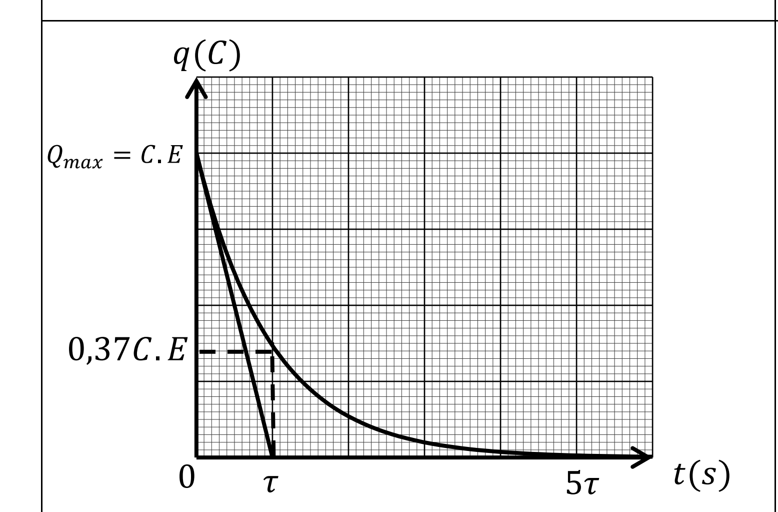
$U_C(t) = Ee^{-t/RC}$

**لرسم البيان $U_C = f(t)$:

$t = 0 \Rightarrow U_C(0) = E.e^{-0/RC} = E$
$t = \infty \Rightarrow U_C(\infty) = E.e^{-\infty/RC} = 0$

t	0	∞
$U_C(t)$	E	0

2



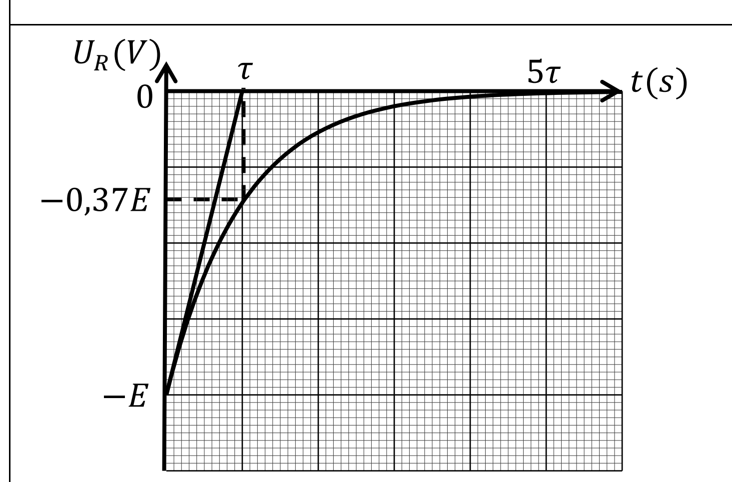
$q(t) = Q_{max}e^{-t/RC}$
$q(t) = C.Ee^{-t/RC}$

**لرسم البيان $q = f(t)$:

$t = 0 \Rightarrow q(0) = C.E.e^{-0/RC} = C.E$
$t = \infty \Rightarrow q(\infty) = C.E.e^{-\infty/RC} = 0$

t	0	∞
$q(t)$	$C.E$	0

3



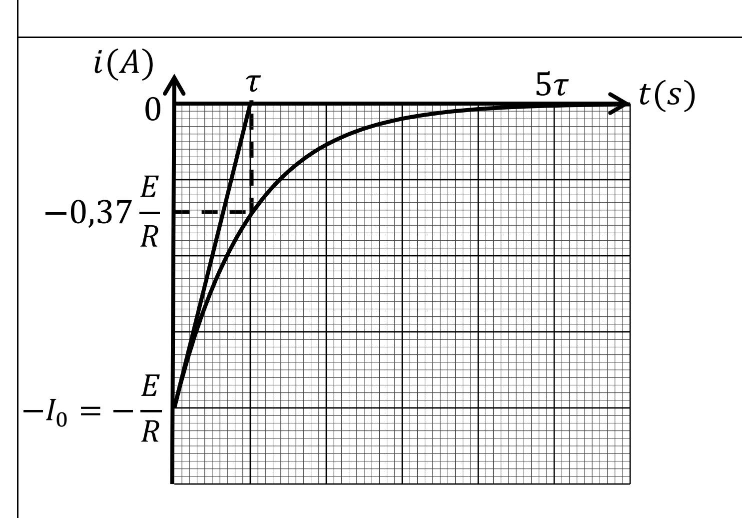
$U_R(t) = -E.e^{-t/RC}$

**لرسم البيان $U_R = f(t)$:

$t = 0 \Rightarrow U_R(0) = -E.e^{-0/RC} = -E$
$t = \infty \Rightarrow U_R(\infty) = -E.e^{-\infty/RC} = 0$

t	0	∞
$U_R(t)$	$-E$	0

4

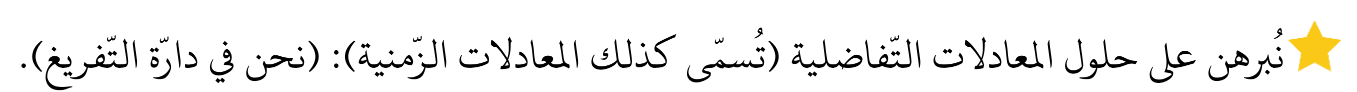


$i(t) = -I_0.e^{-t/RC}$
$$i(t) = -\frac{E}{R}.e^{-t/RC}$$

**لرسم البيان $i = f(t)$:

$t = 0 \Rightarrow i(0) = -I_0.e^{-0/RC} = -I_0$
$t = \infty \Rightarrow i(\infty) = -I_0.e^{-\infty/RC} = 0$

t	0	∞
$i(t)$	$-I_0 = -\frac{E}{R}$	0


نُبرهن على حلول المعادلات التّفاضلية (تُسمّى كذلك المعادلات الزّمنية): (نحن في دارّة التّفريغ).

1 نعلم أنّ: $U_C(t) = E.e^{-t/RC}$ (تُقبل دون بُرهان).

2 سؤال: استنتج العبارة الزّمنية بدلالة الشّحنة $q(t)$.

$$q(t) = C.U_C(t)$$

$$\Rightarrow q(t) = C.E.e^{-t/RC}$$

$$\Rightarrow \boxed{q(t) = Q_{max}.e^{-t/RC}}$$

3 سؤال: استنتج العبارة الزّمنية بدلالة الشّحنة $U_R(t)$.

$$U_R(t) = R.i(t)$$

$$\Rightarrow U_R(t) = R.\frac{dq(t)}{dt}$$

$$\Rightarrow U_R(t) = R.C\ \frac{dU_C(t)}{dt}$$

$$\Rightarrow U_R(t) = R.C\ \frac{d}{dt}\left[E.e^{-t/RC}\right]$$

$$\Rightarrow U_R(t) = R.C.E\ \frac{d}{dt}\left[e^{-t/RC}\right]$$

$$\Rightarrow U_R(t) = \cancel{R.C}.E.-\frac{1}{\cancel{R.C}}.e^{-t/RC}$$

$$\Rightarrow \boxed{U_R(t) = -E.e^{-t/RC}}$$

راجع الاشتقاق في الفيزياء
الوحدة-01- المفتاح 08

4 سؤال: استنتج العبارة الزّمنية بدلالة الشّحنة $i(t)$.

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

$$\Rightarrow i(t) = C.\frac{dU_C(t)}{dt}$$

$$\Rightarrow i(t) = C.\frac{d}{dt}\left[E.e^{-t/RC}\right]$$

$$\Rightarrow i(t) = CE.\frac{d}{dt}\left[e^{-t/RC}\right]$$

$$\Rightarrow i(t) = \cancel{C}E.-\frac{1}{R.\cancel{C}}.e^{-t/RC}$$

$$\Rightarrow i(t) = -\frac{E}{R}.e^{-t/RC}$$

$$\Rightarrow \boxed{i(t) = -I_0 e^{-t/RC}}$$

كيف أبرهن عن حلّ المعادلة التّفاضلية؟

حالة شحن المكثّفة (البادلة في الوضع (1))

بيّن أنّ: $U_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$ هو حلّ للمعادلة التّفاضلية:

$$\frac{U_C}{RC} + \frac{dU_C}{dt} = \frac{E}{RC} \quad ★$$

لدينا: $U_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$

و منهُ: $\boxed{U_C(t) = E - Ee^{-t/\tau}}$ **1**

نشتقّ $U_C(t)$:

$$\frac{dU_C(t)}{dt} = \frac{d}{dt}[E - Ee^{-t/\tau}]$$

ننشرُ الاشتقاق:

$$\frac{dU_C(t)}{dt} = \frac{dE}{dt} - \frac{d}{dt}(Ee^{-t/\tau})$$

($\frac{dE}{dt} = 0$)

ومنهُ:

$$\frac{dU_C(t)}{dt} = -(-\frac{E}{\tau}e^{-t/\tau})$$

$\tau = RC$

أي:

$$\boxed{\frac{dU_C(t)}{dt} = \frac{E}{RC}e^{-t/\tau}} \quad \textbf{2}$$

بتعويض **1** و **2** في المعادلة التّفاضلية ★ نجد:

$$\frac{E - Ee^{-t/\tau}}{RC} + \frac{E}{RC}e^{-t/\tau} = \frac{E}{RC}$$

$$\frac{E}{RC} - \frac{E}{RC}e^{-t/\tau} + \frac{E}{RC}e^{-t/\tau} = \frac{E}{RC}$$

$$\boxed{\frac{E}{RC} = \frac{E}{RC}}$$

إذن: $U_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$ هو حلّ للمعادلة التّفاضلية.

حالة تفريغ المكثّفة (البادلة في الوضع (2))

بيّن أنّ: $U_C(t) = Ee^{-t/\tau}$ هو حلّ للمعادلة التّفاضلية:

$$\frac{U_C}{RC} + \frac{dU_C}{dt} = 0 \quad ★$$

لدينا:

$$\boxed{U_C(t) = Ee^{-t/\tau}} \quad \textbf{1}$$

نشتقّ $U_C(t)$:

$$\frac{dU_C(t)}{dt} = \frac{d}{dt}[Ee^{-t/\tau}]$$

$$\frac{dU_C(t)}{dt} = E\frac{d}{dt}[e^{-t/\tau}]$$

$$\frac{dU_C(t)}{dt} = -\frac{E}{\tau}e^{-t/\tau}$$

$$\boxed{\frac{dU_C(t)}{dt} = -\frac{E}{RC}e^{-t/\tau}} \quad \textbf{2}$$

بتعويض **1** و **2** في المعادلة التّفاضلية ★ نجد:

$$\frac{Ee^{-t/\tau}}{RC} - \frac{E}{RC}e^{-t/\tau} = 0$$

$$\frac{E}{RC}e^{-t/\tau} = \frac{E}{RC}e^{-t/\tau}$$

ومنهُ:

$$\boxed{0 = 0}$$

إذن: $U_C(t) = Ee^{-t/\tau}$ هو حلّ للمعادلة التّفاضلية.

حالة شحن المكثّفة	حالة تفريغ المكثّفة
بيّن أنّ: $q(t) = CE(1 - e^{-t/\tau})$ هو حلّ للمعادلة التّفاضلية: $\frac{q}{RC} + \frac{dq}{dt} = \frac{E}{R}$ ★	بيّن أنّ: $q(t) = CE.e^{-t/\tau}$ هو حلّ للمعادلة التّفاضلية: $\frac{q}{RC} + \frac{dq}{dt} = 0$ ★
بيّن أنّ: $i(t) = \frac{E}{R}e^{-t/\tau}$ هو حلّ للمعادلة التّفاضلية: $\frac{i}{RC} + \frac{di}{dt} = 0$ ★	بيّن أنّ: $i(t) = -\frac{E}{R}e^{-t/\tau}$ هو حلّ للمعادلة التّفاضلية: $\frac{i}{RC} + \frac{di}{dt} = 0$ ★
بيّن أنّ: $U_R(t) = Ee^{-t/\tau}$ هو حلّ للمعادلة التّفاضلية: $\frac{U_R}{RC} + \frac{dU_R}{dt} = 0$ ★	بيّن أنّ: $U_R(t) = -Ee^{-t/\tau}$ هو حلّ للمعادلة التّفاضلية: $\frac{U_R}{RC} + \frac{dU_R}{dt} = 0$ ★

كيف أجد الثّوابت انطلاقا من حلّ المعادلة التّفاضليّة؟

حالة شحن المكثّفة (البادلة في الوضع (1))

$$\frac{U_C}{RC}+\frac{dU_C}{dt}=\frac{E}{RC}$$ ★

** يُعطى حلّ المعادلة التّفاضلية السّابقة كمايلي:

$$\boxed{U_C(t)=A(1-e^{-\alpha.t})}$$

** جد الثّوابت A و α.

لدينا: $U_C(t)=A(1-e^{-\alpha.t})$

و منهُ: **1** $\boxed{U_C(t)=A-Ae^{-\alpha.t}}$

نشتقّ $U_C(t)$:

$$\frac{dU_C(t)}{dt}=\frac{d}{dt}[A-Ae^{-\alpha.t}]$$

ننشرُ الاشتقاق:

$$\frac{dU_C(t)}{dt}=\frac{dA}{dt}-\frac{d}{dt}(Ae^{-\alpha.t})$$

($\frac{dA}{dt} \to 0$)

ومنهُ:

$$\frac{dU_C(t)}{dt}=-(-A.\alpha e^{-\alpha.t})$$

أي:

2 $$\boxed{\frac{dU_C(t)}{dt}=A.\alpha e^{-\alpha.t}}$$

بتعويض **1** و **2** في المعادلة التّفاضلية ★ نجد:

$$\frac{A-Ae^{-\alpha.t}}{RC}+A.\alpha e^{-\alpha.t}=\frac{E}{RC}$$

$$\frac{A}{RC}-\frac{A}{RC}e^{-\alpha.t}+A.\alpha e^{-\alpha.t}=\frac{E}{RC}$$

$$\frac{A}{RC}+Ae^{-\alpha.t}\left(-\frac{1}{RC}+\alpha\right)=\frac{E}{RC}$$

$$\underbrace{\frac{A}{RC}-\frac{E}{RC}}_{=0}+\underbrace{Ae^{-\alpha.t}}_{\neq 0}\underbrace{\left(-\frac{1}{RC}+\alpha\right)}_{=0}=0$$

$$\begin{cases}\frac{A}{RC}-\frac{E}{RC}=0\Rightarrow\frac{A}{\cancel{RC}}=\frac{E}{\cancel{RC}}\Rightarrow\boxed{A=E}\\ -\frac{1}{RC}+\alpha=0\Rightarrow\boxed{\alpha=\frac{1}{RC}}\end{cases}$$

إذن: $U_C(t)=E(1-e^{-t/RC})$

حالة تفريغ المكثّفة (البادلة في الوضع (2))

$$\frac{U_C}{RC}+\frac{dU_C}{dt}=0$$ ★

** يُعطى حلّ المعادلة التّفاضلية السّابقة كمايلي:

$$\boxed{U_C(t)=N.e^{\frac{1}{\beta}.t}}$$

** جد الثّوابت N و β.

لدينا:

1 $$\boxed{U_C(t)=N.e^{\frac{1}{\beta}.t}}$$

نشتقّ $U_C(t)$:

$$\frac{dU_C(t)}{dt}=\frac{d}{dt}\left[N.e^{\frac{1}{\beta}.t}\right]$$

$$\frac{dU_C(t)}{dt}=N\frac{d}{dt}\left[e^{\frac{1}{\beta}.t}\right]$$

$$\frac{dU_C(t)}{dt}=\frac{N}{\beta}e^{\frac{1}{\beta}.t}$$

2 $$\boxed{\frac{dU_C(t)}{dt}=\frac{N}{\beta}e^{\frac{1}{\beta}.t}}$$

بتعويض **1** و **2** في المعادلة التّفاضلية ★ نجد:

$$\frac{N.e^{\frac{1}{\beta}.t}}{RC}+\frac{N}{\beta}e^{\frac{1}{\beta}.t}=0$$

$$\underbrace{N.e^{\frac{1}{\beta}.t}}_{\neq 0}\underbrace{\left(\frac{1}{RC}+\frac{1}{\beta}\right)}_{=0}=0$$

و منه:

$$\frac{1}{RC}+\frac{1}{\beta}=0\Rightarrow\frac{1}{\beta}=-\frac{1}{RC}\Rightarrow\boxed{\beta=-RC}$$

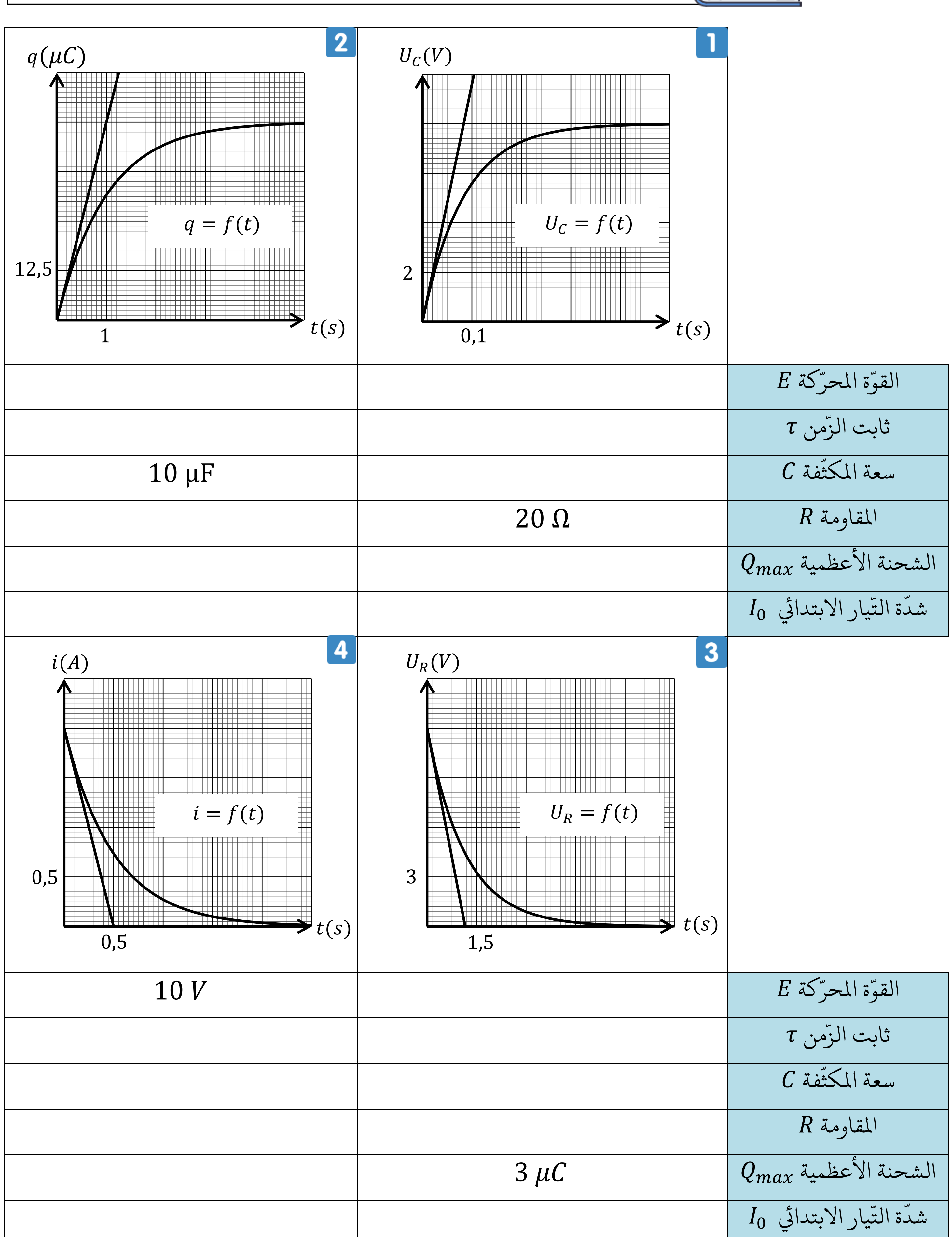
عبارة N نجدها انطلاقا من الشّروط الابتدائية حيث:

$$t=0\Rightarrow U_C(0)=E$$

$$U_C(0)=Ne^0=E\Rightarrow\boxed{N=E}$$

إذن: $U_C(t)=E.e^{-t/RC}$

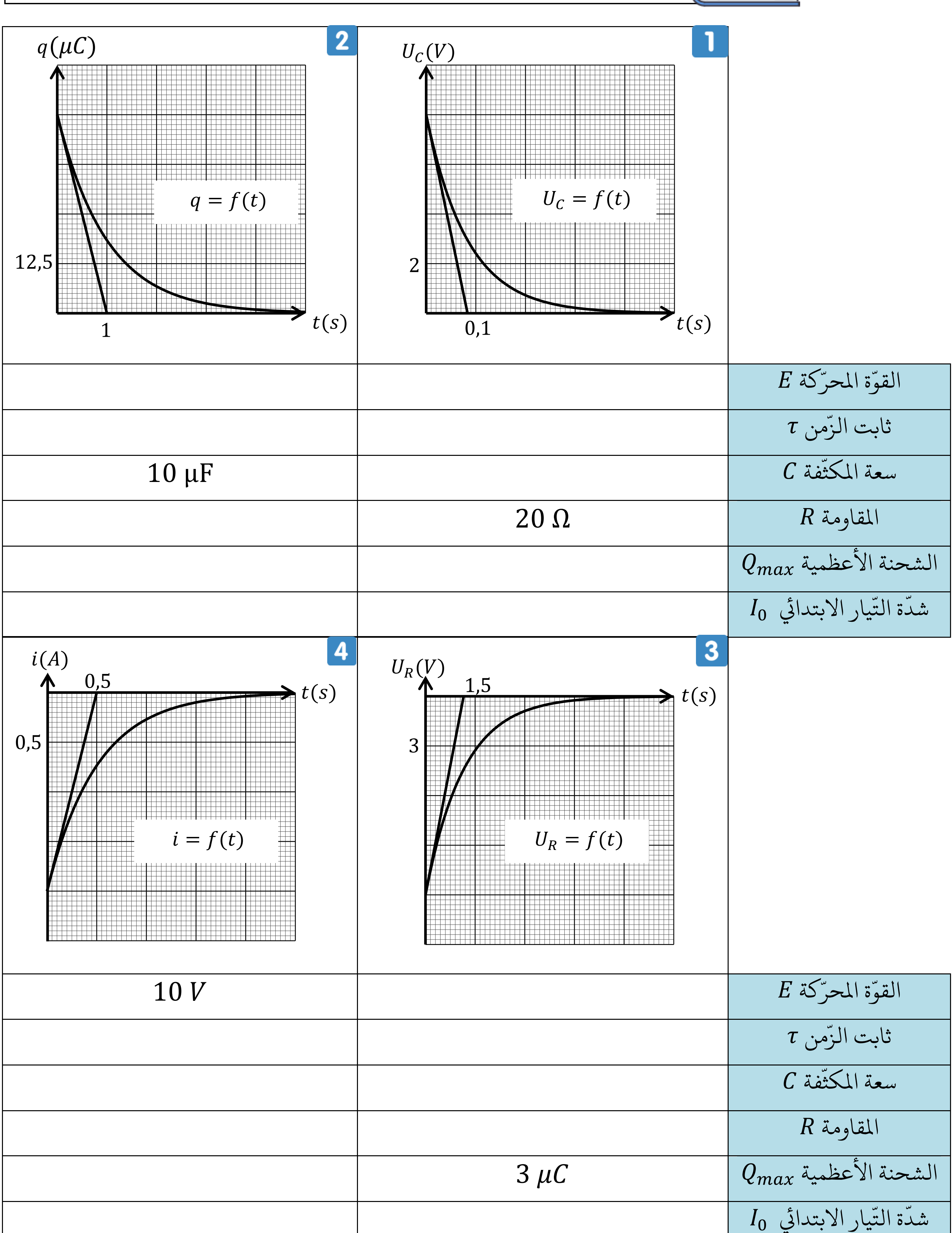
فكّر ثمّ أجب (استغلال بيانات شحن المكثّفة)



	1	2
القوّة المحرّكة E		
ثابت الزّمن τ		
سعة المكثّفة C		10 μF
المقاومة R	20 Ω	
الشحنة الأعظمية Q_{max}		
شدّة التّيار الابتدائي I_0		

	3	4
القوّة المحرّكة E		$10\ V$
ثابت الزّمن τ		
سعة المكثّفة C		
المقاومة R		
الشحنة الأعظمية Q_{max}	$3\ \mu C$	
شدّة التّيار الابتدائي I_0		

فـكّــر ثمّ أجـــب (اسـتـغـلال بـيـانات تفريغ المكثّفة)



	1	2
القوّة المحرّكة E		
ثابت الزّمن τ		
سعة المكثّفة C		10 μF
المقاومة R	20 Ω	
الشحنة الأعظمية Q_{max}		
شدّة التّيار الابتدائي I_0		

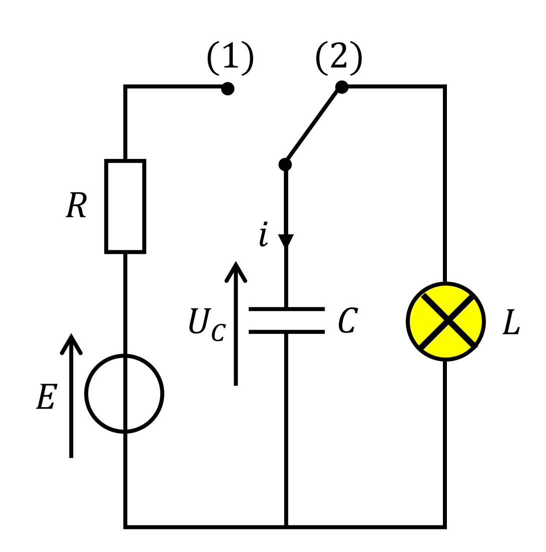
	3	4
القوّة المحرّكة E		$10\ V$
ثابت الزّمن τ		
سعة المكثّفة C		
المقاومة R		
الشحنة الأعظمية Q_{max}	$3\ \mu C$	
شدّة التّيار الابتدائي I_0		



المفتاح الرّابع:

"الطّاقة المـــخزّنة في المُـكـثّفـة E_C"

⭐لاحظ التّركيب التّجريبي التّالي:



1 عندما نضع البادلة في الوضع (1) تُشحن المكثّفة و تُخزّن طاقة كهربائية.

2 عندما نضع البادلة في الوضع (2) تُزوّد المكثّفة المصباح L بالطّاقة الكهربائية فيُضيء.

3 تزداد الطّاقة المخزّنة في المكثّفة كلّما كبُرت سعة المكثّفة C.

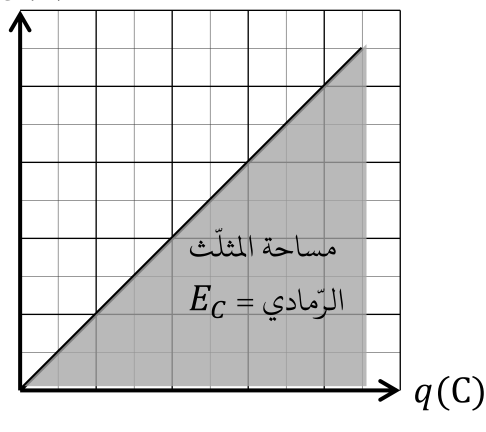
> ⚠️ تُخزّن المكثّفة طاقة كهربائية يرمز لها E_C و وحدتُها الجول (J)، ثم تتحوّل إلى حرارة بفعل جول.

⭐تُحسب الطّاقة المخزّنة في المكثّفة كمايلي:

$$E_C(t) = \frac{1}{2}.q(t).U_C(t)$$

$$E_C(t) = \frac{1}{2}.C.U_C(t).U_C(t)$$

$$E_C(t) = \frac{1}{2}.C.U_C^2(t)$$

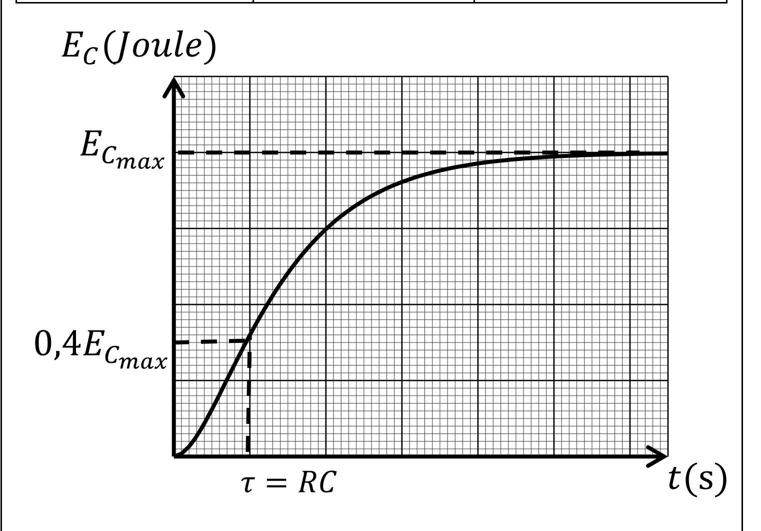


الطاقة المخزّنة في المكثّفة أثناء التّفريغ (العبارة اللّحظية)	الطاقة المخزّنة في المكثّفة أثناء الشّحن (العبارة اللّحظية)
$\begin{cases} E_C(t) = \frac{1}{2}.C.U_C^2(t) \\ U_C(t) = E.e^{-t/RC} \end{cases}$ $E_C(t) = \frac{1}{2}.C.\left[E.e^{-t/RC}\right]^2$ $E_C(t) = \frac{1}{2}.C.E^2.e^{-2t/RC}$ $E_C(t) = E_{C_{max}}.e^{-2t/RC}$	$\begin{cases} E_C(t) = \frac{1}{2}.C.U_C^2(t) \\ U_C(t) = E(1 - e^{-t/RC}) \end{cases}$ $E_C(t) = \frac{1}{2}.C.\left[E(1 - e^{-t/RC})\right]^2$ $E_C(t) = \frac{1}{2}.C.E^2.(1 - e^{-t/RC})^2$ $E_C(t) = E_{C_{max}}.(1 - e^{-t/RC})^2$

$t = 0 \Rightarrow E_C(0) = E_{C_{max}}.(1 - e^{-0/RC})^2 = 0$

$t = \infty \Rightarrow E_C(\infty) = E_{C_{max}}.(1 - e^{-\infty/RC})^2 = E_{C_{max}}$

t	0	∞
$E_C(Joule)$	0	$E_{C_{max}} = \frac{1}{2}.C.E^2$



نحسب:

$t = \tau \Rightarrow E_C(\tau) = E_{C_{max}}.(1 - e^{-\tau/\tau})^2$

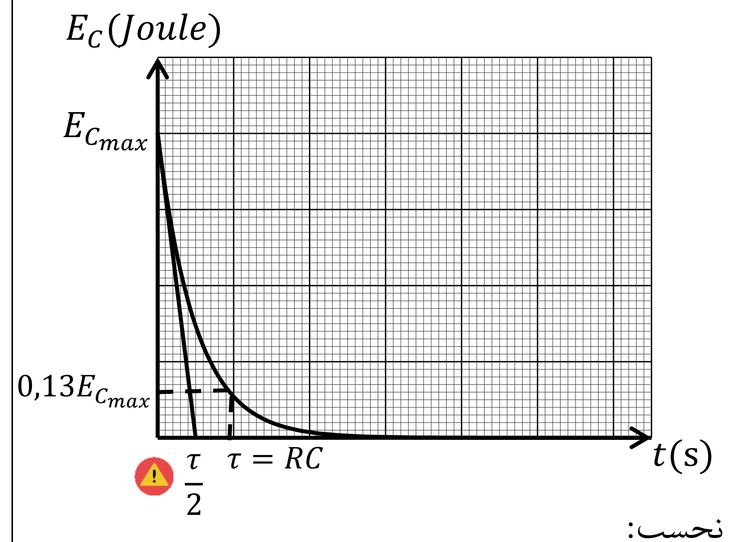
$\Rightarrow E_C(\tau) = E_{C_{max}}.(1 - e^{-1})^2$

$\Rightarrow \boxed{E_C(\tau) = 0,4.E_{C_{max}}}$

$t = 0 \Rightarrow E_C(0) = E_{C_{max}}.e^{-2.0/RC} = E_{C_{max}}$

$t = \infty \Rightarrow E_C(\infty) = E_{C_{max}}.e^{-2.\infty/RC} = 0$

t	0	∞
$E_C(Joule)$	$E_{C_{max}} = \frac{1}{2}.C.E^2$	0



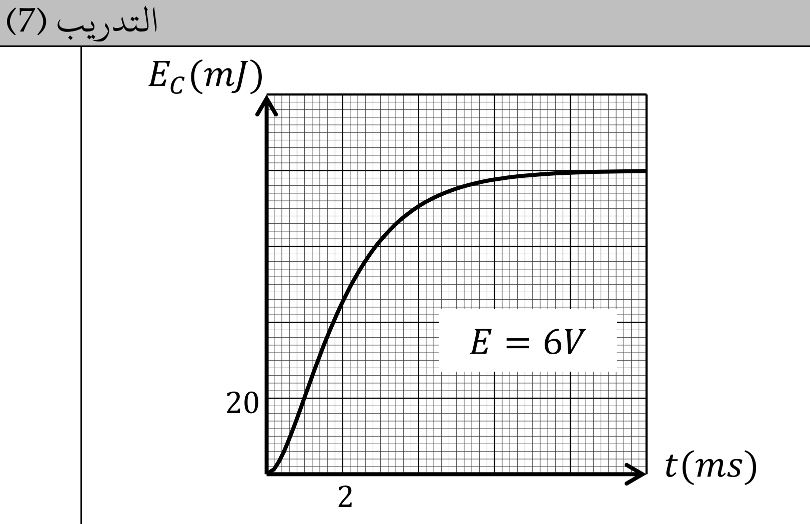
نحسب:

$t = \tau \Rightarrow E_C(\tau) = E_{C_{max}}.e^{-2.\tau/\tau}$

$\Rightarrow E_C(\tau) = E_{C_{max}}.e^{-2}$

$\Rightarrow \boxed{E_C(\tau) = 0,13.E_{C_{max}}}$

التدريب (7)

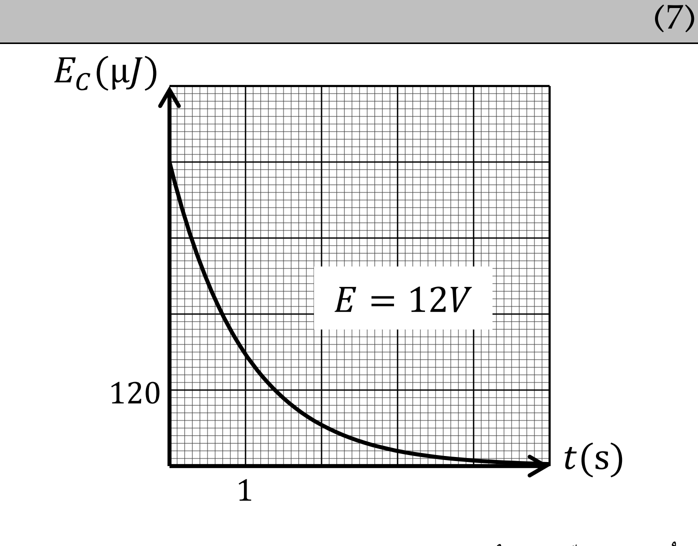


1- أُوجد الطّاقة الأعظمية المخزّنة في المكثّفة $E_{C_{max}}$.

2- أُحسب C، τ ثم استنتج R.

3- أوجد اللّحظة الزّمنية t التي من أجلها تُصبح الطّاقة تساوي 20% من قيمتها العظمى.

4- أحسب الطّاقة المحرّرة بعد مرور t=4 ms.



1- أُوجد الطّاقة الأعظمية المخزّنة في المكثّفة E_{C_0} .

2- أُحسب C، τ ثم استنتج R.

3- أوجد اللّحظة الزّمنية t التي من أجلها تُصبح الطّاقة تساوي $\frac{1}{4}$ من قيمتها العظمى.



المفتاح الخامس:

"زمن نصف الشّحن $t_{1/2}$"

تعريفُهُ: هو الزّمن اللاّزم لشحن (أو لتفريغ) 50% من المكثّفة، يمكن تحديد زمن النّصف الشّحن $t_{1/2}$ بطريقتين:

1. بيانيّا.
2. حسابيّا.

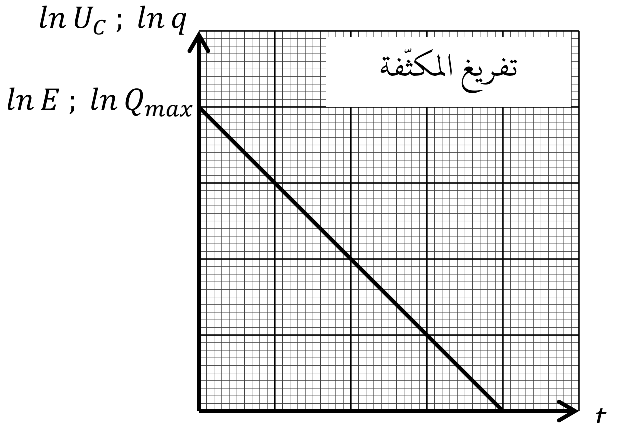
⚠ تختلف قيمة $t_{1/2}$ في بيان الطّاقة المخزّنة في المكثّفة حيث يُسمّى زمن فقدان الطّاقة إلى النّصف.(حذاري)

	بيان- $q(t), i(t), U_C(t), U_R(t)$	بيان- $E_C(t)$
شحن المكثّفة	$U_C(V)$ ؛ E ؛ $U_C = f(t)$ ؛ $t_{1/2}$ ؛ $t(s)$	$E_C(Joule)$ ؛ $E_{C_{max}}$ ؛ $\frac{E_{C_{max}}}{2}$ ؛ $E_C = f(t)$ ؛ $t_{1/2}$ ؛ $t(s)$
بـــيانيّا	$U_C(t_{1/2}) = \frac{E}{2}$ بالإسقاط على محور الأزمنة $\rightarrow t_{1/2}$	$E_C(t_{1/2}) = \frac{E_{C_{max}}}{2}$ بالإسقاط على محور الأزمنة $\rightarrow t_{1/2}$
حسابيّا	بيّن أنّ: $t_{1/2} = \tau . ln2$	بيّن أنّ: $t_{1/2} = \tau . \ln(\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}})$
تفريغ المكثّفة	$U_C(V)$ ؛ E ؛ $\frac{E}{2}$ ؛ $U_C = f(t)$ ؛ $t_{1/2}$ ؛ $t(s)$	$E_C(Joule)$ ؛ $E_{C_{max}}$ ؛ $\frac{E_{C_{max}}}{2}$ ؛ $E_C = f(t)$ ؛ $t_{1/2}$ ؛ $t(s)$
بـــيانيّا	$U_C(t_{1/2}) = \frac{E}{2}$ بالإسقاط على محور الأزمنة $\rightarrow t_{1/2}$	$E_C(t_{1/2}) = \frac{E_{C_{max}}}{2}$ بالإسقاط على محور الأزمنة $\rightarrow t_{1/2}$
حسابيّا	بيّن أنّ: $t_{1/2} = \tau . ln2$	بيّن أنّ: $t_{1/2} = \frac{\tau}{2} . ln2$



البيـانــات التي تصــادفُها في " ثُنائي القطب RC"





⭐ العبارة البيانية:

$$\ln U_C = a.t + b$$

⭐ العبارة النظريّة:

$$U_C(t) = E.e^{-t/\tau}$$

$$\Rightarrow \ln\left(U_C(t)\right) = \ln(E.e^{-t/\tau})$$

$$\Rightarrow \ln\left(U_C(t)\right) = \ln E + \ln(e^{-t/\tau})$$

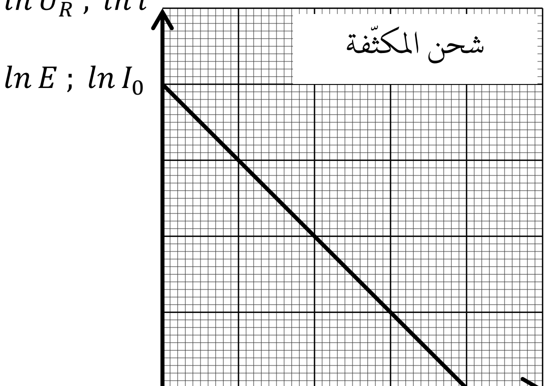
$$\Rightarrow \ln\left(A(t)\right) = \ln(e^{-t/\tau}) + \ln E$$

$$\Rightarrow \boxed{\ln\left(A(t)\right) = -\frac{1}{\tau}.t + \ln E}$$

⭐ بالمطابقة نجد:

$$\boxed{a = -\frac{1}{\tau} = \tan\alpha}$$

$$\boxed{b = \ln E \Rightarrow E = e^{b}}$$



⭐ العبارة البيانية:

$$\ln i = a.t + b$$

⭐ العبارة النظريّة:

$$i(t) = I_0.e^{-t/\tau}$$

$$\Rightarrow \ln\left(i(t)\right) = \ln(I_0.e^{-t/\tau})$$

$$\Rightarrow \ln\left(i(t)\right) = \ln I_0 + \ln(e^{-t/\tau})$$

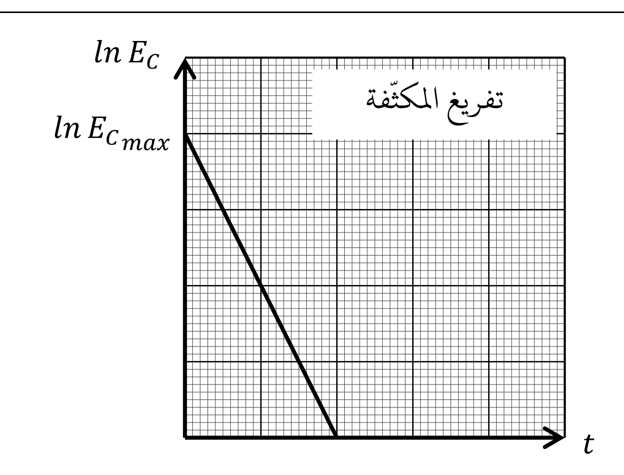
$$\Rightarrow \ln\left(i(t)\right) = \ln(e^{-t/\tau}) + \ln I_0$$

$$\Rightarrow \boxed{\ln\left(i(t)\right) = -\frac{1}{\tau}.t + \ln I_0}$$

⭐ بالمطابقة نجد:

$$\boxed{a = -\frac{1}{\tau} = \tan\alpha}$$

$$\boxed{b = \ln I_0 \Rightarrow I_0 = e^{b}}$$



⭐العبارة البيانية:

$$\boxed{\ln E_C = a.t + b}$$

⭐العبارة النظريّة:

$$E_C(t) = E_{C_{max}} . e^{-t/\tau}$$

$$\Rightarrow \ln\left(E_C(t)\right) = \ln(E_{C_{max}} . e^{-t/\tau})$$

$$\Rightarrow \ln\left(E_C(t)\right) = \ln E_{C_{max}} + \ln(e^{-2t/\tau})$$

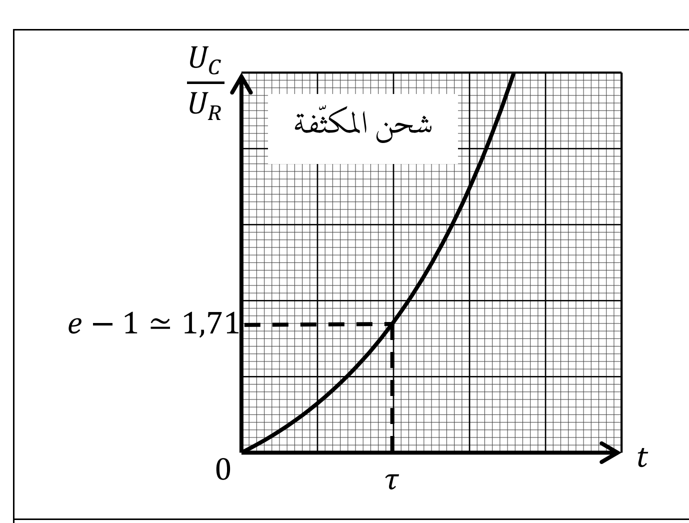
$$\Rightarrow \ln\left(E_C(t)\right) = \ln(e^{-2t/\tau}) + \ln E_{C_{max}}$$

$$\Rightarrow \boxed{\ln\left(E_C(t)\right) = -\frac{2}{\tau}.t + \ln E_{C_{max}}}$$

⭐بالمطابقة نجد:

$$\boxed{a = -\frac{2}{\tau} = \tan\alpha}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} b = \ln E_{C_{max}} \\ \Rightarrow E_{C_{max}} = e^{b} \end{array}}$$



⭐العبارة البيانية:

$$\begin{cases} U_C(t) = E.(1 - e^{-t/\tau}) \\ U_R(t) = E.e^{-t/\tau} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{U_C(t)}{U_R(t)} = \frac{E.(1 - e^{-t/\tau})}{E.e^{-t/\tau}}$$

$$\Rightarrow \frac{U_C(t)}{U_R(t)} = (1 - e^{-t/\tau}) \times e^{t/\tau}$$

$$\Rightarrow \frac{U_C(t)}{U_R(t)} = e^{t/\tau} - e^{-t/\tau}.e^{t/\tau}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{U_C(t)}{U_R(t)} = e^{t/\tau} - 1}$$

⭐نتعلّم مع بعض كيف رسمنا البيان أعلاه:

$$t = 0 \Rightarrow \frac{U_C(0)}{U_R(0)} = e^{0/\tau} - 1 = 0$$

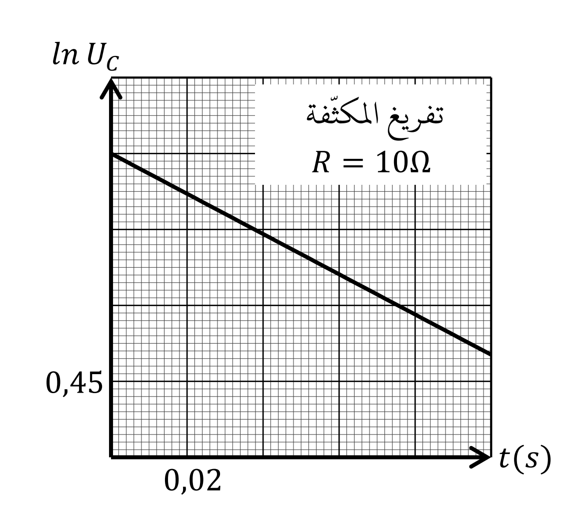
$$t = \tau \Rightarrow \frac{U_C(\tau)}{U_R(\tau)} = e^{\frac{\tau}{\tau}} - 1 = e - 1 \simeq 1{,}71$$

$$t = \infty \Rightarrow \frac{U_C(\infty)}{U_R(\infty)} = e^{\infty/\tau} - 1 = \infty$$

t	0	τ	∞
$\frac{U_C(t)}{U_R(t)}$	0	$e - 1 \simeq 1{,}71$	∞

تدريبات شاملة حول كيفية استغلال البيانات

1

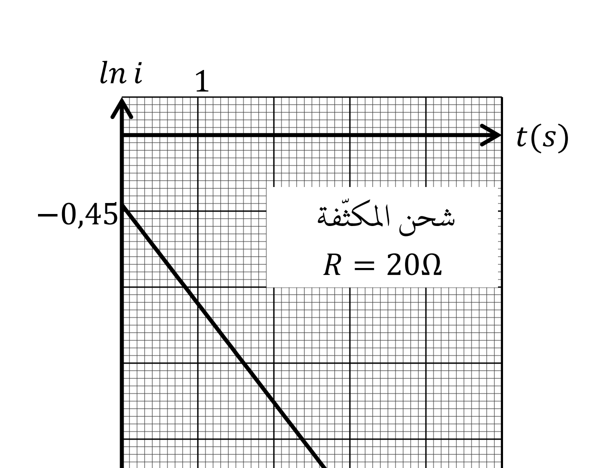


1- استنتج بيانيّا عبارة $lnU_C(t) = f(t)$.

2- بالمطابقة مع العلاقة النّظريّة الموافقة للبيان استنتج قيم:

E, C, τ

2

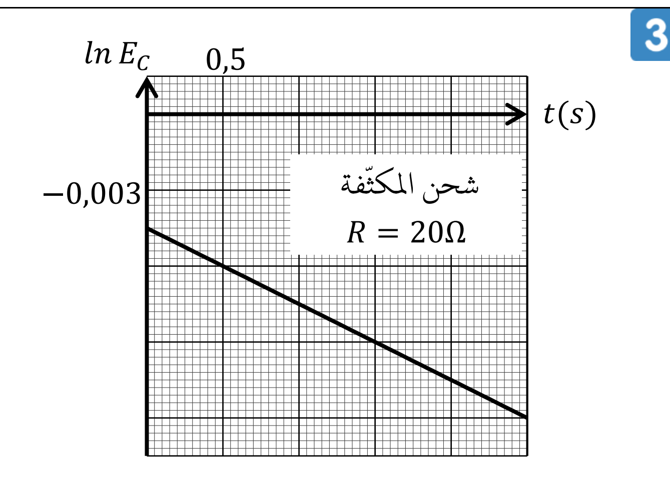


1- استنتج بيانيّا عبارة $lni(t) = f(t)$.

2- بالمطابقة مع العلاقة النّظريّة الموافقة للبيان استنتج قيم:

E, I_0, C, τ

3

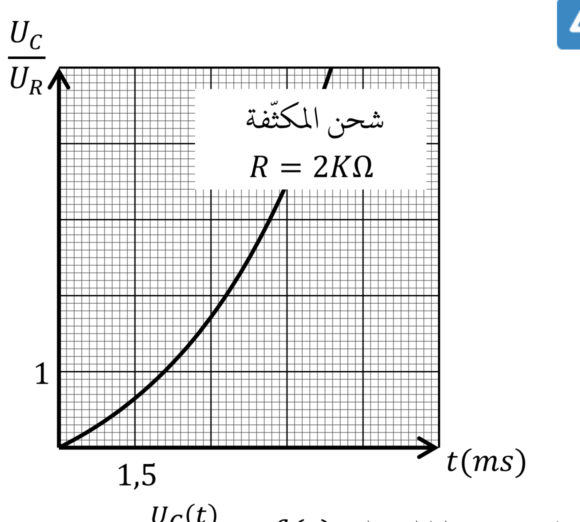


1- استنتج بيانيّا عبارة $lnE_C(t) = f(t)$.

2- بالمطابقة مع العلاقة النّظريّة الموافقة للبيان استنتج قيم:

E, C, τ

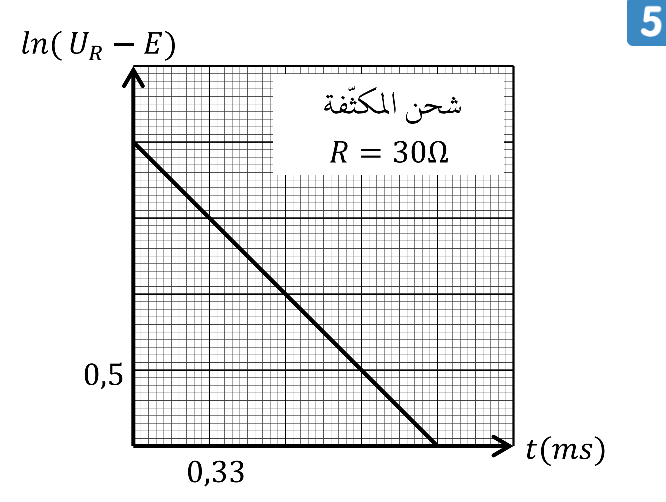
4



1- استنتج بيانيّا عبارة $\frac{U_C(t)}{U_R(t)} = f(t)$.

2-استنتج قيم: C, τ

5

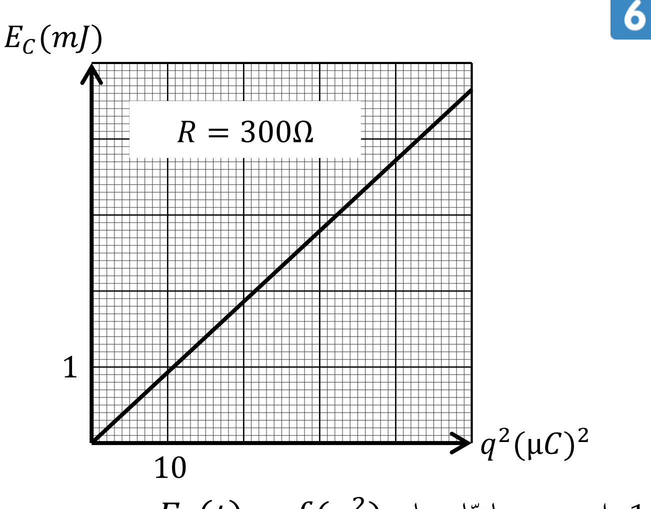


1- استنتج بيانيّا عبارة $ln(E - U_C(t)) = f(t)$.

2- بالمطابقة مع العلاقة النّظريّة الموافقة للبيان استنتج قيم:

E, C, τ

6



1- استنتج بيانيّا عبارة $E_C(t) = f(q^2)$.

2- بالمطابقة مع العلاقة النّظريّة الموافقة للبيان استنتج قيم:

τ, C



BAC 2020

Chimie - Physique

الجزء الثّاني

الشّعب:
علوم تجريبية
رياضيات – تقني رياضي

تأليف و كتابة و تصميم الأستاذ:
زدّون محمّد الأمين
(طالب جامعي تخصّص كيمياء)

/Mohammed el Amine Zeddoun

/Mohammed el Amine Zeddoun